

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

WALLACE CUPERTINO

**ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO E APORTE  
HIDROSEDIMENTOLÓGICO NO RESERVATÓRIO DE DUAS  
BOCAS – CARIACICA – ES**

VITÓRIA

2018

WALLACE CUPERTINO

**ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO E APORTE  
HIDROSEDIMENTOLÓGICO NO RESERVATÓRIO DE DUAS  
BOCAS – CARIACICA – ES**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Geografia da  
Universidade Federal do Espírito Santo  
como requisito parcial para a obtenção do  
título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Eberval Marchioro

VITÓRIA

2018

**WALLACE CUPERTINO**

**ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO E APORTE HIDROSEDIMENTOLÓGICO NO  
RESERVATÓRIO DE DUAS BOCAS – CARIACICA – ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Eberval Marchioro

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso  
Programa de Pós-Graduação em  
Oceanografia (membro externo)  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jaqueline Albino  
Programa de Pós-Graduação em  
Geografia (membro interno)  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Prof. Dr. Eberval Marchioro (Orientador)  
Programa de Pós-Graduação em  
Geografia  
Universidade Federal do Espírito Santo

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter colocado ao meu lado, pessoas tão especiais, sem as quais certamente eu não concluiria esse estudo.

À Família, pelo apoio incondicional e carinho. Ao meu pai Áureo *in memoriam* (sinto sua falta) e à minha amada mãe Marlene, que é a responsável pela pessoa que sou hoje, meu infinito agradecimento. A confiança de vocês na minha capacidade, me fortaleceu e me fez tentar não ser o melhor, mas a fazer o melhor de mim. Amarei vocês eternamente!

À minha querida esposa e filha, Rosiane e Júlia, por serem tão importantes na minha vida. Sempre a meu lado me fazendo acreditar que posso mais que imagino. Rose, devido a seu companheirismo, amizade, paciência, compreensão, apoio, alegria e amor, este trabalho pôde ser concretizado. Obrigado por ter feito do meu sonho o nosso sonho!

Júlia, meu amor, junto com sua mamãe, concebemos a sua vida, mas você deu significado, amor e felicidade às nossas. Seu amor me faz querer ser uma pessoa melhor a cada dia, papai te ama muito.

À Kamila, minha maravilhosa irmã. Seu amor, confiança e orgulho por mim foram muito importantes nessa caminhada, você foi a maior incentivadora para a construção desse trabalho, me dando ajuda profissional e pessoal. Sempre poderei contar contigo, saiba que a recíproca é verdadeira.

Ao meu querido cunhado Bruno, muito obrigado pela dedicação e paciência. Se obtive sucesso nesse trabalho, devo grande parte dele ao seu conhecimento e apoio, serei eternamente grato “irmão”.

Aos meus tios, tias, primos e primas que vibraram comigo, desde aprovação no processo seletivo sempre me incentivando positivamente apesar das agruras. O carinho de vocês por mim foi uma injeção de ânimo nos momentos mais difíceis. Vocês são o verdadeiro significado da palavra família. Muito obrigado, amo a todos vocês!

Ao Prof. Dr. Eberval Marchioro, mais do que orientador desse estudo, o senhor se mostrou um grande amigo, acreditando no meu potencial de uma forma que eu não acreditava ser capaz de corresponder. Obrigado por acreditar e contribuir para esse estudo.

À banca avaliadora, nas pessoas da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Jaqueline Albino e Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso, pela grande colaboração na conclusão desse estudo.

Aos meu amigos e colaboradores do PPGG e do LAMOSA: James, Juan, Izadora, Wesley, Alanderson, Djeana, Fernando, Ialy, Ícaro, Jeniffer, Júlia Nunes e Julia Effgen. Obrigado pelos momentos de descontração, pela ajuda com as campanhas de campo à Rebio, elaboração dos mapas, dicas e incontáveis garrafas de café. Muito obrigado.

Finalmente, agradeço à Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, e a todas as pessoas que não foram citadas aqui, mas com certeza, tiveram grande colaboração para que esse sonho se tornasse realidade.

*“Saudações a quem tem coragem  
Aos que tão aqui pra qualquer viagem  
Não fique esperando, a vida passar tão rápido  
A felicidade é um estado imaginário”  
 (“Pense e Dance” – Frejat)*

## RESUMO

O presente trabalho teve como finalidade distinguir as áreas de contribuição com o aporte hidrossedimentológico do Reservatório de Duas Bocas, Cariacica (ES), considerando dados morfométricos, precipitação, vazão dos córregos tributários, sedimentos em suspensão ( $C_{ss}$ ), granulometria e morfoscopia dos sedimentos depositados no reservatório. A Reserva Biológica de Duas Bocas (Rebio) possui 2910 ha, com vegetação caracterizada como Floresta Ombrófila Densa (FOD) submontana e montana, com ampla diversidade biológica em bom estado de conservação. Para o desenvolvimento deste trabalho, inicialmente foram instalados pluviômetros na cabeceira da bacia hidrográfica e na represa. No exutório dos córregos Pau Amarelo, Naiá-Assú e Panelas foi realizado o monitoramento de vazão e coleta de água para análise da  $C_{ss}$ . A vazão foi mensurada utilizando o equipamento *Flow Tracker (Acoustic Doppler Velocimeter)*. Para a realização da distribuição granulométrica, da análise morfoscópica e textura dos sedimentos do Reservatório de Duas Bocas, foram coletadas 51 amostras, distribuídas em diferentes pontos. Feita a caracterização morfométrica das três bacias hidrográficas, os resultados conferem à bacia do córrego Pau Amarelo uma maior propensão à produção de sedimentos e descarga líquida, em função da área, densidade de rios, comprimento do canal principal, ordem dos canais e número de nascentes. Além disso, a morfometria indicou que as bacias da Rebio de Duas Bocas possuem formato alongado, demonstrando pouca propensão a inundações, enchentes e relevo bastante dissecado. A mensuração dos valores de precipitação, vazão e  $C_{ss}$  demonstrou que a bacia do córrego Pau Amarelo possui as maiores médias no tocante a descarga líquida e produção de sedimentos, sendo que, as bacias dos córregos Naiá-Assú e Panelas se equivalem nas médias encontradas. Em relação à distribuição granulométrica do reservatório da Rebio de Duas Bocas, as análises estatísticas demonstraram que, tanto as frações grossas como as lamosas possuem grau de seleção moderada e muito pobremente selecionada. As frações grossas estão distribuídas, principalmente, nas desembocaduras do reservatório, em ambientes de maior energia para o transporte e, as frações lamosas encontram-se na passagem do processo deposicional fluvial para o ambiente lacustre. A morfoscopia dos grãos do reservatório indicou que, em geral, os grãos possuem grau de arredondamento subanguloso, variando as porcentagens entre os pontos e, demonstrando que esses grãos foram inseridos recentemente no ciclo sedimentar.

**Palavras-Chave:** Bacia hidrográfica; Morfometria; Sedimento.

## ABSTRACT

The present work has as main goal to distinguish the contribution areas and their association with the hydrosedimentological contribution of the Duas Bocas Reservoir, Cariacica (ES), from the analysis of morphometric parameters, monitoring of precipitation and flow, suspended sediment concentration ( $C_{ss}$ ), as well as the granulometric distribution and the morphoscopic analysis of the sediments deposited in the reservoir. The Duas Bocas Biological Reserve (Rebio) has about 2910 hectares, with vegetation characterized as Dense Ombrophylous Forest (FOD) submontana and montana, with ample biological diversity in good conservation status. For the development of this work, rain gauges were initially installed at the river basin and in the dam. In the outflow of the Pau Amarelo, Naiá-Assú and Panelas streams, sampling points were determined for flow monitoring and water collection of the  $C_{ss}$  analysis. The flow rate was monitored using the Flow Tracker device (Acoustic Doppler Velocimeter). For the granulometric distribution, morphoscopic and texture analysis of the Duas Bocas reservoir, 51 samples were collected, distributed at different points. The results obtained in the morphometric analysis give the Pau Amarelo stream basin a greater propensity to sediment production and liquid discharge, depending on the area, river density, main channel length, channel order and number of springs. In addition, the morphometry indicated that the basins of the Duas Bocas Rebio have an elongated shape, showing little propensity to inundation and floods, also having quite dissected relief. The monitoring of precipitation, flow and  $C_{ss}$  values showed that the Pau Amarelo stream basin has the highest mean values for liquid discharge and sediment production, and the basins of the Naiá-Assú and Panelas are equivalent in the averages found. Regarding the granulometric distribution of Duas Bocas Rebio, the statistical parameters demonstrated that both the thick and mud fractions have a medium selection degree characterized as very poorly selected. The thick fractions are mainly distributed in the reservoir's outfall, in higher energy environments for transport, and the mud fractions are found in the passage from the fluvial depositional process to the lacustrine environment. The grain morphoscopy of the reservoir showed that, in general, the grains have degree of subangular rounding, varying the percentages between the points, and demonstrating that these grains were inserted recently in the sedimentary cycle.

**Key words:** Hydrographic basin; Morphometry; Sediment.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1 – Processos de transporte da carga mineral particulada (Mod. BIGARELLA; SUGUIO, 1979).....	22
Figura 4-1 – Localização da Rebio de Duas Bocas. ....	30
Figura 4-2 Distribuição de Chuva na Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas – Precipitação Anual (1983 – 2013). Organização: Bastos <i>et al.</i> , (2015) e Nunes (2015). ....	31
Figura 4-3 Variabilidade de precipitação pluvial da sede da Rebio de Duas Bocas para a normal climatológica (1983-2013). ....	32
Figura 4-4 – Classes de solos da Rebio de Duas Bocas.....	35
Figura 4-5 – Uso e cobertura da terra da Rebio de Duas Bocas e suas bacias hidrográficas (Mod. SANTOS, 2016).....	37
Figura 5-1– Estação de Monitoramento Pluviométrico da Rebio de Duas Bocas.....	47
Figura 5-2 –Estações de amostragem hidrossedimentológica nas bacias dos córregos Pau Amarelo, Naiá-Assú e Panelas. ....	49
Figura 5-3 – Monitoramento de vazão fluvial na Rebio de Duas Bocas. ....	50
Figura 5-4 – Relatório emitido do monitoramento de vazão do ADV <i>Sontek FlowTracker</i> .....	51
Figura 5-5 – Relatório de profundidade, velocidade e vazão por setores dos córregos da Rebio de Duas Bocas .....	52
Figura 5-6 – Equipamentos utilizados para a filtragem de água para obtenção de SS dos córregos da Rebio de Duas Bocas. ....	54
Figura 5-7 – Membrana de acetato de celulose (47mm e poro de 45 µm) com material particulado (A) e preparado para utilização (B) após filtração. ....	54
Figura 5-8 – Estações para amostragem de sedimentos no reservatório da Rebio de Duas Bocas. ....	56
Figura 5-9 – Coleta de sedimentos por meio de amostrador do tipo draga de Ekman. ....	57
Figura 5-10 – Exemplo das seis classes de graus de arredondamento: (A) muito angulosa; (B) angulosa; (C) subangulosa; (D) subarredondada; (E) arredondada e (F) bem arredondada. Adaptado de Shepard (1967). ....	59
Figura 6-1 – Classes de declividades das bacias da Rebio de Duas Bocas.....	66
Figura 6-2 Altitude das bacias da Rebio de Duas Bocas .....	68
Figura 6-3 – Índice de rugosidade das bacias da Rebio de Duas Bocas .....	69
Figura 6-4 – Hierarquização das bacias da Rebio de Duas Bocas.....	72

Figura 6-5 – Área de contribuição da Rebio de Duas Bocas .....	73
Figura 6-6 – comparação entre pluviosidade do período de estudo (2015/2016) com a normal climatológica adquirida por Bastos <i>et al.</i> , (2015) para os anos de (1983/2013).....	74
Figura 6-7 – Relação entre pluviosidade nos cinco dias anteriores à coleta e vazão fluvial.....	79
Figura 6-8 – Relação entre pluviosidade mensal e vazão fluvial média.....	80
Figura 6-9 – Correlação entre $C_{ss}$ (mg/L) e vazão ( $m^3/s$ ) nas bacias da Rebio de Duas Bocas ..	84
Figura 6-10 – Distribuição granulométrica no reservatório da Rebio de Duas Bocas.....	89
Figura 6-11 - Segmento (A-B) com vertente inclinada e sem cobertura vegetal. ....	90
Figura 6-12 – Blocos de matacões existentes ao longo do reservatório. ....	91
Figura 6-13 - Morfoscopia dos grãos do reservatório, ponto (01) .....	93

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 – Classificação da declividade segundo EMBRAPA (1999) .....	42
Tabela 2 – Escala granulométrica de Wentworth (1922). .....	58
Tabela 3: Características morfométricas das bacias hidrográficas da Rebio de Duas Bocas ...	62
Tabela 4 - Vazões (m³/s) para os pontos de monitoramento durante o período de estudo .....	76
Tabela 5- Parâmetros estatísticos de vazão (m³ /s) .....	77
Tabela 6 – Concentração de sólidos em suspensão ( $C_{ss}$ ) (mg/L) para os pontos de monitoramento durante o período de estudo.....	81
Tabela 7 - Parâmetros estatísticos de $C_{ss}$ (mg/L).....	82
Tabela 8 – Dados granulométricos do reservatório da Rebio de Duas Bocas. ....	86
Tabela 9 – Classificação das frações grossas .....	87
Tabela 10 – Classificação das frações lamosas. ....	88
Tabela 11 – Resultados da morfoscopia.....	92
Tabela 12 – Produção de sedimentos (kg/km²-ano) das bacias hidrográficas da Rebio de Duas Bocas .....	94
Quadro 1 – Pesquisas Realizadas na Reserva Bilógica de Duas Bocas.....	38
Quadro 2 – Características morfométricas obtidas no estudo das bacias hidrográficas da Rebio de Duas Bocas .....	44

## LISTA DE SIGLAS

ADV - Acoustic Doppler Velocimeter

APHA - Associação Americana de Saúde Pública

AVA - Área Variável de Afluência

BHRDB - Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas

CESAN - Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN)

$C_{ss}$  - Concentração de Sedimentos em Suspensão

CV- Coeficiente de Variação

CR - Coeficiente de correlação ( $R^2$ )

CRPM - Serviço Geológico Brasileiro

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FOD - Floresta Ombrófila Densa

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IJSN - Instituto Jones dos Santos Neves

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

KINEROS - Kinematic Runoff and Erosion Model

MDE – Modelo digital de elevação

MNT - Modelo Numérico de Terreno

MPA - Massa de Ar Polar Atlântica

Q - Descarga Líquida

Rebio - Reserva Biológica

RMGV - Região Metropolitana da Grande Vitória

RUSLE - Equação de perda de solo universal revisada

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SRTM - Missão Topográfica Radar Shuttle

TAUDEM -Terrain Analysis Using Digital Elevation Models

TGS - Teoria Geral dos Sistemas

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

USLE - Equação universal de Perda de Solo

UTM – Universal Transversa de Mercator

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul (Zcas)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
2.1	Objetivos Específicos .....	12
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
3.1	Análise sistêmica de bacias hidrográficas .....	13
3.2	Áreas de contribuição.....	15
3.3	Sistemas de produção de escoamento .....	17
3.4	Erosão e transporte de sedimentos em bacias hidrográficas .....	20
3.5	Impactos de barragens sobre a produção e transporte de sedimentos.....	23
3.6	Parâmetros morfométricos em bacias hidrográficas.....	26
<b>4</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>29</b>
4.1	Localização Geográfica .....	29
4.2	Aspectos Físicos.....	31
4.2.1	<i>Clima.....</i>	31
4.2.2	<i>Geologia .....</i>	32
4.2.3	<i>Geomorfologia .....</i>	33
4.2.4	<i>Pedologia.....</i>	33
4.2.5	<i>Hidrografia .....</i>	36
4.3	Aspectos Socioeconômicos .....	36
4.3.1	<i>Uso e cobertura da terra.....</i>	36
4.4	Estudos Pretéritos .....	38
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>41</b>
5.1	Elaboração de mapas através do uso de técnicas de geoprocessamento em ambiente dos sistemas de informações geográficas (SIG) 41	
5.2	Determinação de parâmetros morfométricos .....	43
5.2.1	<i>Área da bacia e os elementos lineares .....</i>	44
5.2.2	<i>Fator de forma.....</i>	44
5.2.3	<i>Densidade de rios.....</i>	45
5.2.4	<i>Densidade de Drenagem .....</i>	45
5.2.5	<i>Índice de circularidade.....</i>	46
5.2.6	<i>Coeficiente de compacidade .....</i>	46
5.3	Monitoramento da pluviosidade .....	46
5.4	Monitoramento da vazão nos córregos.....	48
5.5	Monitoramento de sólidos em suspensão ( $C_{ss}$ ) .....	53
5.6	Distribuição granulométrica do reservatório da Rebio de Duas Bocas .....	55
5.6.1	<i>Coleta de sedimentos.....</i>	55
5.6.2	<i>Análise granulométrica .....</i>	57
5.7	Morfoscopia dos grãos da fração arenosa .....	59
5.7.1	<i>Análises texturais .....</i>	59
5.8	Análise descritiva das variáveis vazão e concentração de sólidos em suspensão .....	60
5.9	Cálculo das descargas sólidas anuais em suspensão .....	60
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>62</b>
6.1	Parâmetros morfométricos .....	62

6.1.1	<i>Características geométricas</i> .....	62
6.1.2	<i>Características do relevo</i> .....	64
6.1.3	<i>Características da rede de drenagem</i> .....	70
<b>6.2</b>	<b>Monitoramento pluviométrico</b> .....	<b>74</b>
<b>6.3</b>	<b>Variabilidade da vazão</b> .....	<b>75</b>
<b>6.4</b>	<b>Variabilidade entre vazão (m<sup>3</sup>/s) e pluviosidade (mm)</b> .....	<b>78</b>
<b>6.5</b>	<b>A produção de sedimentos nas bacias dos córregos Pau Amarelo, Naiá-Assú e Panelas</b> .....	<b>80</b>
<b>6.6</b>	<b>Distribuição granulométrica</b> .....	<b>84</b>
<b>6.7</b>	<b>Morfoscopia dos grãos da fração arenosa</b> .....	<b>91</b>
<b>6.8</b>	<b>Descargas sólidas anuais em suspensão para as bacias da Rebio de Duas Bocas</b> .....	<b>94</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>95</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>98</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos aspectos de maior relevância, no tocante à análise hidrossedimentológica em bacias hidrográficas, é a sua área de contribuição. Esta pode ser entendida como toda a área capaz de produzir escoamento e sedimento para o exutório de uma bacia hidrográfica, correspondendo ao acúmulo de todas as linhas de fluxos, que passam por esse ponto (FLORENZANO, 2008).

A determinação da área de contribuição hidrossedimentar é de extrema importância nos estudos de previsão e definição de áreas de instabilidade, sobretudo nas porções côncavas do relevo (*hollows*), uma vez que essas são zonas potenciais de saturação e, desta forma, de instabilidade (RAMOS *et al.*, 2003).

Além disso, de acordo com Tonello, (2005) dependendo do estado de preservação da bacia hidrográfica, sua área de contribuição tem influência sobre a quantidade e qualidade de água produzida como deflúvio e na produção de sedimentos. Dessa maneira, toda bacia hidrográfica possui uma área de contribuição definida, quase sempre, pelos limites topográficos superficiais, que corroboram para a dinâmica hidrossedimentológica de uma determinada área (DUNNE; LEOPOLD, 1978).

As bacias hidrográficas, em função do conhecimento dos seus limites topográficos, têm sido utilizada como uma célula básica de estudos, que envolve a obtenção de informações sobre o volume de água e carga de sedimentos para determinada seção de um rio, ou reservatório, em razão da pluviosidade. Para tal utiliza-se usualmente o monitoramento de dados climáticos (chuva e evaporação), características do solo (tamanho das partículas de sedimento, densidade, etc.) e os fatores fisiográficos da área da bacia (ARAGÃO *et al.*, 2013; BIRKINSHAW; BATHURST, 2006).

Mesmo conhecendo os fatores que envolvem a hidrossedimentologia dos cursos fluviais em bacias hidrográficas, os processos hidrossedimentológicos são complexos e compreendem a desagregação, transporte e deposição de sedimentos. De acordo com Rodrigues (2011), os estudos de dinâmicas que ocorrem em escala de bacia hidrográfica ainda são incipientes e, o monitoramento contínuo dos processos que envolvem os fluxos de água, sedimentos e de solutos é fundamental para o entendimento da dinâmica ambiental, mesmo que por diversas vezes tornam-se uma árdua tarefa.

Segundo Crispim *et al.*, (2015), conhecer o comportamento hidrossedimentológico dos corpos hídricos é fundamental para a adequada gestão dos recursos hídricos. O acompanhamento dos fluxos de sedimentos ocorrido em um dado corpo hídrico permite ainda, o diagnóstico de eventuais impactos (naturais e antrópicos) em sua



área de drenagem ao longo do tempo, podendo se tornar um importante indicador ambiental.

Os processos hidrossedimentológicos têm causas naturais. Contudo, problemas podem ocorrer através de ações antrópicas como retirada da cobertura vegetal, ocupação desordenada e práticas de manejo e uso da terra ineficazes, provocando assim, a redução de nutrientes presentes nas camadas superficiais, com impactos na produtividade agrícola, bem como na regeneração da vegetação natural (MEDEIROS, 2009; MEDEIROS; VIEIRA, 2006). A erosão hídrica é um dos principais fatores da degradação ambiental.

Nos últimos anos, os estudos hidrossedimentares aumentaram muito no Brasil, sobretudo os trabalhos de Minella *et al.*, (2002); Oliveira *et al.*, (2015); Demarchi, (2012); Amorin *et al.*, (2010); Carvalho *et al.*, (1989); Lopes *et al.*, (2011); Correa *et al.*, (2007); Paranhos e Paiva, 2008 e também, no exterior.

De acordo com Merrit *et al.*, (2003) ainda inexistem uma metodologia consensual para a estimativa de produção de sedimentos e escoamento. Para os autores, existem muitos modelos para a consideração desses processos. No entanto, os modelos diferem muito em termos de complexidade, insumos e requisitos, bem como, a forma como esses processos são representados, a escala do uso pretendido e os tipos de informações de saída que eles fornecem. Uma vez construídos, os modelos são vistos como ferramentas úteis para a compreensão e prevenção do impacto do uso da terra e das mudanças climáticas.

Nos Estados Unidos no final da década de 1970, foram desenvolvidos dois modelos de previsão de erosão. O primeiro modelo foi um sistema de simulação de erosão baseado em processo físico para estimativas temporais e espaciais da perda de solo em pequenas bacias hidrográficas e para perfis de colinas, conhecido como Projeto de Previsão da Erosão da Água (WEPP) (FLANAGAN *et al.*, 2002).

Ainda de acordo com Flanagan *et al.*, (2002), o segundo sistema objetivou a substituição atualizada da Equação Universal de Perda de Solo com base empírica (USLE) (WISCHMEIER; SMITH, 1978), para a validação do modelo de simulação. Eventualmente, a atualização para o USLE tornou-se conhecida como a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE), sendo desenvolvida como um programa para uso em computadores pessoais.

Na Europa um modelo criado em 1994, posteriormente difundido em vários países foi denominado EUROSEM. Segundo o modelo uma área é dividida em subunidades, cada uma com características uniformes de declive, solo e cobertura do solo. Essas subunidades são então dispostas em sequência na qual o movimento da água e sedimento pode ser encaminhado da parte superior até a inferior das

encostas e de montante para jusante ao longo dos canais dos rios (MORGAN *et al.*, 1998).

De acordo com Morgan *et al.*, (1998) o EUROSEM foi desenvolvido como um sistema de distribuição com base em eventos pluviométricos, que além de prever o escoamento total e a perda de solo, produz hidrogramas para cada evento pluviométrico.

Nesse sentido, o presente estudo desenvolvido nas bacias hidrográficas dos córregos Pau Amarelo, Naiá-assú e Panelas, pertencentes à Rebio de Duas Bocas propôs abordar as variáveis que envolvem os processos hidrossedimentológicos de maneira integrada tendo em vista, que a sua compreensão requer a obtenção de dados relativos às quantidades de precipitação, vazão e sólidos em suspensão.

Portanto, ao se caracterizar e quantificar a dinâmica das variáveis ambientais e sistêmicas de uma bacia hidrográfica, viabiliza-se a determinação de medidas de planejamento territorial e gestão, com viés para criação de políticas públicas voltadas ao ordenamento territorial e desenvolvimento sustentável (SANTOS, 2004).

## **2 OBJETIVOS**

O objetivo geral desse estudo é distinguir as áreas de contribuição e a sua relação com o fluxo hidrossedimentológico do Reservatório da Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica (ES).

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Analisar o papel dos parâmetros morfométricos no potencial aporte de sedimentos das bacias hidrográficas dos córregos Pau Amarelo, Naiá-Assú e Pannels;
- Verificar a influência da precipitação pluvial sobre a variabilidade hidrossedimentológica, e;
- Avaliar o padrão de distribuição dos sedimentos do reservatório de Duas Bocas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os principais conceitos teóricos e trabalhos correlatos acerca da proposta de pesquisa. Os tópicos abordados nessa revisão da literatura são: (3.1) Análise Sistêmica de Bacias Hidrográficas; (3.2) Áreas de contribuição; (3.3.1); Erosão e transporte de sedimentos em Bacias Hidrográficas; (3.3.2) Sistemas de Geração de escoamento; (3.4) Impactos de Barragens Sobre a Produção e Transporte de Sedimentos; (3.5) Parâmetros Morfométricos em Bacias Hidrográficas.

#### 3.1 Análise sistêmica de bacias hidrográficas

Sobre o termo por ele mesmo intitulado, Sistema Terra-Vida Cockell (2011, p. 11) diz que:

A vida neste ambiente (a Terra) misterioso e belo é resultado da interação complexa de um grande número de processos – físicos, químicos, biológicos e geológicos – que atuam sobre uma vasta gama de escalas temporais e espaciais (COCKELL, 2011, p.11)

A percepção do autor vai de encontro à postura de grandes estudiosos que, ao longo da história, focaram seus estudos em fenômenos isolados (erosão, pluviosidade, inundações etc). Esse quadro passou a mudar, com as críticas feitas a essa visão e, essas contestações passaram a ser uma tendência ao longo do século XX (BETIOL, 2012).

A concepção sistêmica em Geografia, no entanto, pode ser detectada já nos primórdios de sua sistematização por Alexander Von Humboldt no final do século XVIII, o qual, por intermédio do conceito de *Landschaft*, considerava o meio geográfico em sua totalidade, discutindo a paisagem com base em elementos geomorfológicos, biogeográficos e climatológicos em relação às organizações humanas ao longo da história.

Nessa perspectiva, a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) foi apresentada em caráter inaugural no seminário filosófico em Chicago no ano de 1937 pelo biólogo Ludwig Von Bertalanffy.

Na TGS é necessário entender a organização e a ordem que unificam as partes dos processos, pois, da sua interação dinâmica, surgem comportamentos que são diferentes quando estudados isoladamente e quando tratados como um todo. A sua evolução depende da combinação de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que dão à paisagem um conjunto único e indissociável (BERTALANFFY, 1973; BERTRAND, 2004).

No âmbito da Geomorfologia, os trabalhos pioneiros com o enfoque sistêmico foram desenvolvidos por Strahler (1950), Culling (1957), Hack (1960); Hack e Goodlett (1960), Howard (1965), Schumm (1977), mas foi obra clássica intitulada de *General Systems Theory* desenvolvida por Richardy Chorley em (1962) que ocorreu a sua sistematização na geomorfologia internacional, fato que se refletiu no Brasil, em obras de Christofolletti (1979 e 1999) que trouxeram contribuições inéditas à pesquisa geomorfológica de cunho sistêmico (LAVARINE, 2014).

Nestes trabalhos é possível classificar os sistemas a partir da escola anglo-americana que representou a ruptura definitiva frente ao paradigma davisiano (NETO, 2008). Nessa perspectiva, o autor escreve:

A análise morfométrica e areal de bacias hidrográficas e canais fluviais tomaram grande impulso. Dentro do quadro epistemológico anglo-americano, conforme coloca Moraes (1987), a Teoria dos Sistemas se articula à análise quantitativa e ao uso de modelos, numa proposta que no Brasil se desenvolveu sob a denominação de Geografia Teórica, tendo na Escola de Rio Claro seu principal centro difusor (NETO, 2008, p.79).

Para Zacharias (2006), a TGS proporcionou à análise ambiental o surgimento de uma variada gama de concepções teóricas e metodológicas a exemplo da teoria dos geossistemas, da fisiologia da paisagem, da ecodinâmica e da ecologia da paisagem, refletindo sempre em uma abordagem, na qual, para qualquer realidade estudada, pode-se conceber uma estrutura de análise sistêmica, considerando categorias como estrutura, elemento, meio, relações, intensidade, etc. (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2004).

Através da perspectiva de análise sistêmica, de acordo com Fonseca (2010):

[...] em alguns campos do conhecimento, os elementos do sistema em estudo, muitas vezes não são isolados, mas sim formam um conjunto de inter-relações entre eles que se torna impossível tentar entender apenas aquele elemento de maneira independente do restante dos outros elementos constituintes do sistema. Isso significa dizer que o complexo dos elementos não pode ser compreendido somente como a soma dos elementos, mas devem-se conhecer também as relações entre eles. (FONSECA, 2010, pag. 16).

Os componentes ambientais como as rochas, o relevo, os solos, a água, a vegetação e o clima, não poderiam mais ser compreendidos isoladamente. Seria fundamental o reconhecimento de suas interfaces, de suas relações como meio para entender a dinâmica ambiental e propor mecanismos de planejamento e gestão adequados (CARVALHO, 2014).

No tocante às bacias hidrográficas, elas são como células básicas de análise ambiental, onde a visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita

(BOTELHO; SILVA, 2004). Dessa forma, sob a ótica de um sistema, as bacias hidrográficas são consideradas como sistemas não isolados abertos, pois envolvem uma série de subsistemas como, por exemplo: sistema vertente, sistema dos canais fluviais e as planícies de inundação ocorrendo trocas constantes de matéria e energia (CHORLEY, 1962).

Para Christofolletti (1999), os geossistemas também designados como sistemas ambientais físicos, representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza (clima, topografia, geologia, águas, vegetação, solos). Dessa forma, os sistemas ambientais físicos possuem uma expressão espacial na superfície terrestre, funcionando através da interação areal dos fluxos de matéria e energia entre seus componentes.

Nesta concepção de análise integrada dos elementos físicos e biológicos da natureza, inserem-se as bacias de cabeceira, as bacias hidrográficas e os vales fluviais como elementos morfológicos que integram, como diversos outros, um conjunto de processos e respostas geomorfológicas de representação espacial. Consequentemente, tais elementos ambientais são passíveis de integrarem pesquisas dentro da abordagem da complexidade sistêmica, possibilitando ao pesquisador observar um número maior de variáveis (LAVARINE, 2014).

O estudo dos componentes físicos e suas interações, dentro de um sistema complexo como as bacias hidrográficas, pode ser mais bem entendido a partir da análise sistêmica. Tal análise permite que os aspectos morfológicos sejam avaliados de maneira total, haja vista que o estudo desses índices, isoladamente, deve ser entendido como incapaz de simplificar a intrincada dinâmica da rede de drenagem.

### **3.2 Áreas de contribuição**

As áreas de contribuição/captação são definidas, neste trabalho, como todas as áreas capazes de fornecerem condições que permitam o desenvolvimento da dinâmica hidrossedimentológica para o exutório de uma bacia hidrográfica. Elas correspondem ao acúmulo de todas as linhas de fluxos que passam por esses pontos, governando dessa forma, todo o fluxo superficial da água, sendo possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza (FLORENZANO, 2008; RABELO *et al.*, 2009).

Para Fryirs *et al.*, (2007a) a área de captação é a que contribui diretamente para a rede de canais e reflete o grau de conectividade da bacia tanto longitudinal, quanto lateral e vertical.

Para definir as áreas de contribuição, alguns pontos devem ser analisados:

i) identificação das áreas drenadas por cada afluente do canal principal;

- ii) distribuição e os tipos dos elementos desconectantes<sup>1</sup> dentro de cada sub-bacia dos afluentes;
- iii) energia disponível para o transporte de sedimentos a partir da declividade das áreas de contato com os canais e entre os canais;
- iv) variabilidade da precipitação identificando os níveis de magnitude dos eventos (SOUZA; CORRÊA, 2012a).

Os processos hidrossedimentológicos das áreas de contribuição ocorrem nas encostas e, seus conjuntos de canais interligados dependem principalmente do relevo, cobertura vegetal, classe de solo, litologia e estrutura das rochas da bacia hidrográfica, sendo que a disposição dos rios, controlada em grande parte pela estrutura geológica, é definida pelo padrão de drenagem (ANDRADE *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2010).

O desenvolvimento de atividades antrópicas em cursos d'água como, a implantação de barragens, represas e usinas resultam em barramentos/impedimentos à montante e à jusante, funcionando como elementos desconectantes, o que faz com que a velocidade do fluxo que adentra o reservatório por ela formado seja drasticamente reduzida (SOUZA, 2011).

Ainda sobre a influência dos elementos nos processos hidrossedimentológicos, pode-se destacar que em solos que não possuem cobertura vegetal, o impacto da gota da chuva causa o desprendimento das partículas, sendo essas carregadas e depositadas nas áreas mais baixas do terreno e nos cursos d'água (BARTELS, 2015). Além disso, essa sequência pode sofrer um incremento em áreas com declividade acentuada e com manejo inadequado do solo.

Ao realizar monitoramento pluvial em uma bacia hidrográfica do escudo Rio-Sul-Grandence, Bartels (2015), demonstrou que a produção de sedimento possui relação direta com a magnitude dos eventos de precipitação. Um evento extremo foi responsável pelo transporte de 1.335,58 toneladas de sedimento, correspondendo a 59,4% da produção total de sedimentos de todos os eventos monitorados. Para Carvalho (2008), nos cursos fluviais em torno de 80% de todo o sedimento transportado ocorrem durante as fortes precipitações.

Diante do exposto, torna-se importante compreender o relevo das bacias hidrográficas da Rebio de Duas Bocas, os locais propensos a contribuir com escoamento e carga de sedimentos, pois, essas informações em conjunto com

---

<sup>1</sup> Qualquer fator que impeça o transporte de sedimentos e/ou restrinja a entrega destes para a saída de captação, por exemplo: relevo, barragens, estradas etc (FRYIRS, 2007, p.299)

outras análises propostas no estudo, permitirão entender as variações naturais que ocorrem nos limites das bacias.

### 3.3 Sistemas de produção de escoamento

Siefert e Santos (2010) compreendem que a movimentação da água na paisagem tem origem nos estudos pioneiros da Hidrologia moderna, remetendo aos trabalhos de Horton (1933 e 1945) e à teoria da infiltração-escoamento, no início do século XX. Na teoria, o autor citado descreve quantitativamente o mecanismo de geração do escoamento superficial através da intensidade das águas pluviais e a capacidade de infiltração no solo.

Horton (1933), em seus estudos, buscou entender como ocorrem os processos que permitem que as águas oriundas da precipitação se desloquem através das vertentes. Para o autor, o conceito de infiltração no ciclo hidrológico pode ser definido como a entrada vertical da água no perfil de solo, no sentido de cima para baixo. Ele ainda definiu capacidade de infiltração como sendo a taxa máxima com que um dado solo, em determinadas condições, pode absorver água (SANTOS, 2009).

A proposta de escoamento superficial representada por (Horton, 1945), divide o escoamento em: (a) infiltração, quando a água infiltra no terreno e alimenta o lençol freático pelo escoamento subterrâneo, chegando até os rios e (b) escoamento direto, produzido pela água da chuva que escoar diretamente sobre a superfície do terreno proveniente de todas as partes da bacia, ocorrendo toda vez que a intensidade da chuva excede a capacidade de infiltração da água no solo (MORAES *et al.*, 2003; WALTER *et al.*, 2003; ARAÚJO NETO, 2013).

Dessa forma, Horton (1933) propõe o escoamento superficial como excedente da infiltração, considerando que:

A infiltração divide a precipitação em duas partes, que posteriormente prosseguem por diferentes caminhos através do ciclo hidrológico. Uma parte vai alimentar os rios como escoamento superficial durante os eventos de precipitação, a outra vai inicialmente para o solo e daí, vai alimentar os rios como escoamento subterrâneo ou retorna para a atmosfera pelos processos de evaporação (HORTON, 1933, p. 445).

De acordo com Horton (1945), a formação da bacia hidrográfica depende da natureza dos processos de escoamento superficial (*surface wash*), infiltração e movimentação da água no interior do solo em função da precipitação, porque a relação infiltração/deflúvio influencia de modo determinante a ação da dissecação do vale.



Inicialmente, a água da chuva que não se infiltra, começa a se acumular nas micro depressões (poças) da superfície para posteriormente dar início ao escoamento superficial, ocorrendo de forma laminar (não concentrado). O escoamento da água acontece, após a intensidade da precipitação superar a capacidade de infiltração do solo (POESEN, 1984; MORGAN, 1996; PARSONS, 1988; SELBY, 1993; GOUDIE, 1995; GUERRA, 1999; OLIVEIRA, 2010).

Além do escoamento superficial (*surface wash*) a maioria das encostas evolui sob processos como: salpicamento (*rainsplash*) e ravinamento (*rill erosion*), que dependem da erosividade da chuva (fator R), da erodibilidade dos solos (fator K), das características das encostas e da natureza da cobertura vegetal (GOUDIE, 1995).

Em locais onde ocorre a retirada da cobertura vegetal mais densa para pastagem, a infiltração de água no solo é dificultada, bem como, há um incremento no escoamento superficial, removendo sedimentos e gerando incisões, caminhos preferenciais para a água. O solo nessas condições tende a apresentar altos valores de densidade, devido ao pastejo dos animais, o escoamento superficial pode atingir 54,5% da precipitação pluvial (GUERRA, 2003; SELBY, 1993; COSTA *et al.*, 2013).

A teoria de escoamento superficial proposta por Horton (1933) torna-se inadequada para explicar a geração de escoamento em bacias com densa cobertura vegetal, clima úmido e solos com altos índices de permeabilidade. Nestas condições, devido à interação natural dos elementos relacionados, a taxa de infiltração pode ser superior à intensidade de infiltração, impedindo assim a ocorrência do escoamento superficial. Tal fato ocorre, pois, a cobertura superficial dissipa a energia da chuva e, em parte, protege a superfície do solo do selamento e, com isto, aumenta a infiltração e diminui o escoamento superficial e a erosão hídrica (DUNNE; BLACK, 1970; DULEY, 1939; CASTRO *et al.*, 2006).

Ainda, segundo Dunne e Black (1970), a água infiltrada no solo altera a posição da superfície freática, fazendo a mesma coincidir com a superfície do solo em determinadas condições topográficas, como vertentes côncavas com fundo de vale plano.

A partir desse ponto de vista, pode-se frisar a importância da vegetação no processo erosivo, uma vez que a cobertura vegetal auxilia na redução da erosão hídrica através da interceptação das gotas de chuva, que impactariam diretamente a superfície do solo, causando sua desestruturação e selamento superficial (LIMA *et al.*, 2013). De acordo com Mello (2006) em solos que não foram deteriorados, onde a vegetação está presente, os processos de infiltração e escoamento superficial transcorrem de forma equilibrada e o escoamento não gera erosão acelerada o que mantém assim, a qualidade das águas.

Para Morgan (1996), a vegetação atua como uma capa protetora ou de amortecimento entre a atmosfera e o solo, de modo que seu efeito erosivo seja reduzido em relação ao solo desnudo.

Por isso, deve existir uma adequação das práticas de manejo e conservação do solo em áreas agrícolas, compreendendo técnicas racionais para que se possa obter concomitantemente alta produtividade com redução de impacto e consequentemente aumento da preservação ambiental (PRUSKI, 2009; GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2012).

Outros estudos, posteriores à década de 1960, começaram a ganhar corpo na compreensão dos mecanismos de geração de escoamento. Através de Cappus (1960); Tsukamoto (1963); Hewlett e Hibbert (1967) surgem a noção de Área Variável de Afluência (AVA), processo observado frequentemente em áreas onde o escoamento superficial por saturação é dominante, considerando as áreas saturadas como fontes de escoamento superficial (SIEFERT; SANTOS, 2010).

A partir desses estudos, uma série de trabalhos posteriores consolidou o conhecimento de que o escoamento superficial provém de uma pequena parte da bacia hidrográfica, cujo tamanho depende das condições de umidade (HEWLETT; HIBBERT, 1963 e 1967; RAGAN, 1968; KIRKBY, 1969; DUNNE; BLACK, 1970). Sobre a teoria da (AVA) Hewlett e Hibbert (1967) dizem:

“[...] o processo de expansão das AVAs está intrinsecamente ligado à extensão das áreas saturadas próximas aos canais perenes em direção aos canais intermitentes, resultantes dos processos desencadeados a partir dos eventos de precipitação.” (HEWLETT; HIBBERT, 1967, p.279).

De acordo com Mendingo e Tucci (1997) a proposta de AVA realizada por Hewlett e Hibbert (1967) pode ser analisada a partir de três premissas principais:

(i) as áreas saturadas atuam como únicas fontes de “escoamento rápido”, porém absorvem parte da precipitação incidente, transformando este incremento de umidade no perfil do solo em escoamento subsuperficial, mais lento. (ii) estas áreas saturadas são contíguas aos canais principais. (iii) as áreas saturadas são alimentadas pelo escoamento subsuperficial produzido a montante pela chuva incidente.

Ainda sobre as AVAs, Siefert e Santos (2010) constataram que o desenvolvimento deste conceito se deve ao fato de que em bacias revestidas de boa cobertura florestal o deflúvio não é produzido ao longo de toda a sua superfície. Ao contrário, o deflúvio nestas condições está sob a influência de uma área de origem dinâmica,

uma vez que sofre expansões e contrações (daí o nome "área variável"), e que normalmente representa apenas uma fração pequena da área total da bacia.

Dada à importância do conhecimento dos processos de geração de escoamento, observa-se que a partir da década de 1930, com o pioneirismo de Horton, o tema foi alvo de diversos estudos, que permitiram modificações no conceito, que visam o entendimento dos mecanismos predominantes de geração de escoamento e, das distintas unidades de respostas hidrológicas (BRACKEN; CROKE, 2007), admitindo-se que esses mecanismos dependem dos padrões espaciais dados pela combinação dos atributos da paisagem.

Atingir estes padrões espaciais e suas relações com os mecanismos de geração de escoamento necessita de uma análise integrada, evidenciando-se além dos processos hidrológicos, também os condicionantes principais oriundos dos demais atributos da paisagem (relevo, precipitação, rede de drenagem, etc.) sendo que esta integração vem sendo realizada sob os auspícios da Hidrogeomorfologia<sup>2</sup>.

### **3.4 Erosão e transporte de sedimentos em bacias hidrográficas**

A erosão hídrica é um processo físico natural, onde, a energia é fornecida pelo impacto das gotas de chuva que caem sobre a superfície do solo, destacando suas partículas, juntamente, com a das rochas, pela ação do efeito do respingo ou *splash* durante a precipitação, ocasionando, o transporte das partículas por meio do escoamento superficial para jusante e, pelo fluxo de água que escoam superficialmente sob a ação da gravidade. O que se configura dessa maneira, a causas relacionadas à própria natureza, como: quantidade e distribuição das chuvas, declividade do relevo, comprimento e forma das encostas, propriedades químicas e físicas dos solos, tipo de cobertura vegetal e, também da ação antrópica (GUERRA; MENDONÇA, 2014; MEYER, 1971).

Sedimentos fluviais são aqueles que após serem erodidos, atingem os cursos d'água. Nos rios o movimento dos sedimentos apresenta-se de duas formas: o transporte de sedimentos em suspensão e transporte no leito. O transporte em suspensão é constituído por partículas mais finas, mantidas distantes do leito do canal pelo movimento da água (turbulência) e somente se depositam quando a velocidade do fluido diminui. O transporte no leito, caracteriza-se por ser governado basicamente pela gravidade o que faz com que os sedimentos rolem, saltitem ou sejam arrastados pelo fluxo (CRISPIM *et al.*, 2015)

---

<sup>2</sup> Com base em Sidle e Onda (2004, p. 597), compreende-se a Hidrogeomorfologia como sendo “[...] a ciência interdisciplinar que estuda a interação e articulação entre os processos hidrológicos com as formas de relevo [...]”.

Dessa forma, pode-se considerar que tal processo aparece como um procedimento natural e, que pode ser potencializado ou retardado pela ação do homem.

Em uma bacia hidrográfica, a erosão hídrica é o processo de maior destaque e, a que merece maior atenção (MINELLA; MERTEN, 2011; LIMA, 2010). Respalhando tal afirmação, Schneider (2014) salienta que a precipitação é o fator de maior influência no processo da perda de diferentes classes de solos por erosão, possuindo um papel duplamente responsável (impacto da gota, geração de escoamento superficial) dentro do processo como um todo.

Para que o regime pluviométrico possa efetivamente causar a erosão é necessário que ocorram eventos, capazes de promover o cisalhamento e a remoção das partículas do solo. Assim, de acordo com Bonan (2002) eventos, onde, ocorrem tempestades intensas, existe a tendência à geração de chuvas com gotas maiores, o que proporciona aumento do escoamento e o transporte de determinadas partículas, sendo que, os danos advindos tendem a ser ainda maiores quando essas tempestades forem breves. Já as chuvas menos intensas e estendidas por longos períodos de tempo, apesar de gerarem um total pluviométrico maior, ocasionam erosões menos significativas.

Dependendo da energia impactada da chuva sobre o solo, pode ocorrer, com maior ou com menor facilidade, a ruptura dos agregados, formando as crostas que provocam a selagem dos solos, contribuindo para reduzir a infiltração de água, intensificando o problema da erosão (GUERRA, 1999; BRADFORD; HUANG, 1992).

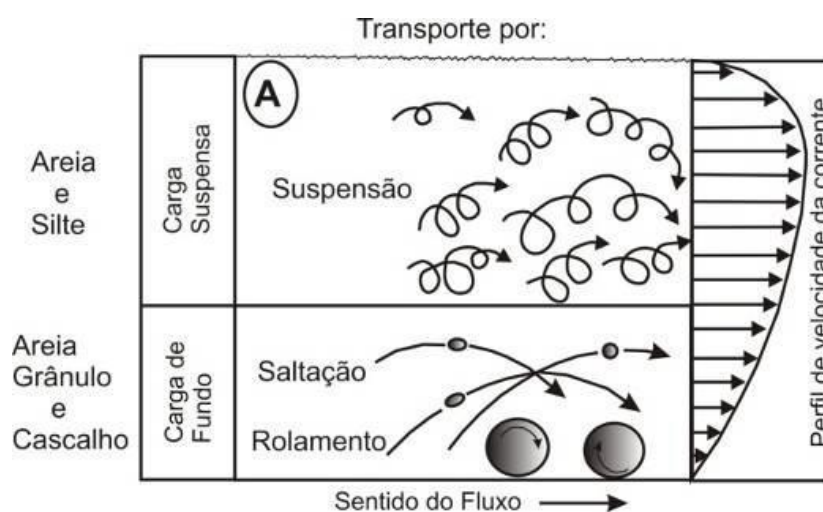
Estudos de Carson e Kirkby (1972) demonstram que as partículas podem ser removidas num curto espaço, da ordem de alguns milímetros, até maiores distâncias, podendo atingir o raio de 10 cm em relação ao ponto de impacto. Da mesma forma, também constataram que o *splash* tem a capacidade de mover diretamente, detritos em torno de 10 mm de diâmetro e, indiretamente pode deslocar fragmentos de maiores dimensões.

Vestena (2009) em seus estudos demonstra a relação entre descarga líquida (Q), e a concentração de sedimentos em suspensão (C<sub>ss</sub>), onde, a C<sub>ss</sub> máxima não apresentou boa correlação com a pluviosidade total e com a descarga líquida máxima, mas sim com os picos de pluviosidade máxima (intensidade).

Variados estudos (KINNELL, 1976; SIDIRAS *et al.*, 1984; SILVA *et al.*, 1995; AMORIM *et al.*, 2001) avaliaram o efeito da chuva sobre amostras de agregados de diferentes classes de tamanho e, observaram uma relação linear entre a intensidade de chuva e a desagregação por impacto de gotas, sendo, portanto, a quantidade de sedimentos salpicados diretamente proporcional à intensidade da chuva.

De acordo com Christofolletti (1979), Nakagawa *et al.*, (1990), Silva (2003), Lobera *et al.*, (2016), o transporte de sedimentos, pode ser dividido em três grupos: (i) Carga sólida do leito ou de arrasto: são partículas que rolam ou escorregam longitudinalmente nos cursos d'água, entrando em contato com o leito praticamente todo o tempo; (ii) Carga sólida em saltação: são as partículas que pulam ao longo do curso d'água por efeito da correnteza ou pelo impacto de outras partículas. O impulso inicial que arremessa uma partícula na correnteza pode se dever ao impacto de uma na outra, o rolamento de uma por sobre a outra ou o fluxo de água sobre a superfície curva de uma partícula, criando assim pressão negativa; (iii) Carga sólida em suspensão: são os sedimentos suportados pelas componentes verticais das velocidades do escoamento, enquanto estão o sendo transportados pelas componentes horizontais dessas velocidades, sendo suficientemente pequenas para permanecerem em suspensão, em movimentos ascendentes e descendentes na corrente. Geralmente esse grupo de sedimento representa a maior quantidade de carga sólida do curso d'água, podendo corresponder a 99% de toda carga sólida (Figura 3-1).

**Figura 3-1 – Processos de transporte da carga mineral particulada (Mod. BIGARELLA; SUGUIO, 1979)**



Carvalho (2008) menciona que as formas de transporte de sólidos devem ser discutidas separadamente, visto que o fenômeno não está suficientemente entendido para apresentar uma explicação completa e inter-relacionada. De acordo com o autor, enquanto o transporte de sedimentos em suspensão se dá predominantemente em função da velocidade da corrente, o transporte de leito é muito influenciado pelo atrito que atua em seu deslocamento.

No transporte de partículas, existem forças atuantes nesse processo, que as mantêm em suspensão ou no fundo do rio, saltando do leito para o escoamento, deslizando ou rolando ao longo do leito, as quais são função do tamanho, peso e forma da partícula, do regime de escoamento, da velocidade da corrente, de

obstáculos no leito, da declividade e forma do canal, entre outros (CARVALHO, 2000).

Para os rios que possuem como exutórios os reservatórios, as partículas mais finas, são carregadas para maiores distâncias na superfície da água e, se precipitam quando a capacidade de transporte, não for mais suficiente.

Segundo Reid *et al.*, (1997), nos cursos fluviais a carga de sedimentos em suspensão é extremamente sensível às mudanças de uso da terra na bacia de drenagem, independente destas ocasionarem ou não modificação no regime, fornecendo informações importantes sobre, por exemplo, o estado de degradação ou conservação em que se encontra a bacia. Assim, a ação humana como as atividades agrícolas, malhas viárias (estradas, caminhos, vias de acesso, sem pavimentação) e, os distúrbios nos canais fluviais, contribuem significativamente para o incremento da quantidade de sedimento transportada nos cursos fluviais (VESTENA, 2009).

O processo de transporte e deposição de sedimento acarreta diversas implicações, tais como: o carregamento de poluentes agregados ou não às partículas, a perda de qualidade da água destinada ao consumo humano, o desequilíbrio dos ecossistemas em virtude da turbidez, o assoreamento de reservatórios e, ainda, mudanças na geometria do canal fluvial, visto que todos estes problemas influem sensivelmente no equilíbrio dinâmico de um curso fluvial, podendo acarretar um novo estado de equilíbrio, corroborando para variabilidade na dinâmica hidrossedimentológica (PAIVA, 2003; SILVA *et al.*, 2004, CHRISTOFOLETTI, 1995; KIRKBY 1980).

Assim, é possível afirmar que o transporte de sedimentos engloba todo o processo situado entre a erosão e a deposição de sedimento, ajudando na identificação das fontes de sedimentos em potencial através da análise textural dos sedimentos. Dessa forma, torna-se importante conhecer a dinâmica do transporte de sedimentos, pois o seu conhecimento pode auxiliar no gerenciamento e na tomada de decisão em busca de novas formas de manejo do uso e cobertura da terra.

### **3.5 Impactos de barragens sobre a produção e transporte de sedimentos**

As barragens são estruturas hidráulicas instaladas transversalmente no curso dos rios e, geralmente, tem por finalidade a obtenção de um reservatório, para que se possa garantir o abastecimento urbano, industrial, gerar energia elétrica, lazer ou

auxiliar o controle de cheias, sendo um dos maiores modificadores na paisagem fluvial durante o antropoceno<sup>3</sup> (GRANT, 2012; SKALAK et al., 2013).

Essas obras interrompem a transferência à jusante de água e sedimentos, induzindo assim uma gama de respostas modificadoras, incluindo o assoreamento a montante, variabilidade do fluxo, degradação a jusante, além de ajustes texturais no leito do canal (mudança no tamanho dos grãos) (WOHL; CENDERELLI, 2000; PETTS; GURNELL, 2005; MCCLUNEY *et al.*, 2014).

Segundo Alfredini (2005), quando a oscilação entre erosão e deposição não causam mudanças relevantes de forma no curso d'água, então o estado de equilíbrio de um rio é atingido.

As causas naturais ou antropogênicas são as capazes de interferir e alterar esse equilíbrio nos cursos fluviais, rompendo a condição natural e forçando o mesmo a migrar para uma nova condição de equilíbrio.

Sobre os processos atuantes em um sistema fluvial e sua dinâmica, Coelho (2008) cita:

[...] os processos de erosão, transporte e deposição de um sistema fluvial variam no decorrer do tempo e, espacialmente, são interdependentes, resultando não apenas das mudanças do fluxo, como também da carga existente. Portanto, quando se faz uma análise geral de uma bacia hidrográfica, não se podem considerar os processos (erosão transporte e deposição) separadamente, além de outros elementos que interferem na dinâmica e funcionamento desse sistema, a exemplo, das obras de engenharia em calha de rios (COELHO, 2008, p18).

Recentemente, estudos de Syvitski *et al.*, (2005); Mu *et al.*, (2012); Zhao *et al.*, (2013b); Kondolf *et al.*, (2014); Yue *et al.*, (2014); Zhao *et al.*, (2014), têm indicado que a carga de sedimentos em grandes rios tem sido reduzida significativamente. Tal afirmação é justificada, por inúmeras medidas de conservação do solo e da água, mudanças no uso da terra (reflorestamento), bem como, a construção de reservatórios, barragens agrícolas, lagoas de controle de enchentes e desvios de água. No planalto do Loess chinês, mais de 50 mil barragens de controle foram construídas e monitoradas nas últimas seis décadas.

---

<sup>3</sup> Chama-se de Antropoceno o desequilíbrio causado nos ecossistemas, a partir da ação humana. Pode-se dizer que esse processo se iniciou na última parte do século XVIII, quando, através de análises de ar presas no gelo mostrou o começo da crescente concentração global de dióxido de carbono e metano. Esta data também coincide com o projeto de James Watt do motor a vapor em 1784 (Crutzen, 2002, p. 23).

A construção de novas barragens e reservatórios se concentrou em regiões de clima quente, com elevadas taxas de precipitação e intensa perda de solo (BRANDT, 2000) como América do Sul e Ásia. No Brasil não foi diferente e, praticamente todos os grandes reservatórios aparecerem entre as décadas de 1960 e 1970, com a construção das represas de Três Marias, Paulo Afonso e Sobradinho, todas no rio São Francisco (LOPES, 2010).

Em relação aos pequenos reservatórios, o seu planejamento e gerenciamento, quando existem, estão baseados, apenas, na quantidade de precipitação da área de drenagem e, raramente, no qual seria o aporte e deposição de sedimento gerado em toda a bacia (MOLINAS, 1996; CAMPOS; VIEIRA NETO; MARTINS, 1997; OLIVEIRA; LANNA, 1997).

Deste modo são negligenciadas questões relacionadas às dinâmicas de transmissão de energia e matéria no sistema, áreas de estocagem de energia e matéria, produção, transporte e sedimentação do sistema, entre outras questões como: os depósitos de remanso (*backwater deposit*), formação de deltas, depósitos de fundo e leito (*botton – set deposit*), depósito de margem (*overbank*) e depósitos de várzea ou de planície de inundação. Tais problemas são relacionados à geomorfologia fluvial e a sua área de contribuição, necessárias para a gestão ambiental do local e, não apenas para as questões políticas/sociais dos usos da água (VANONI, 1977; LOPES, 1993; CARVALHO, *et al.*, 2000; CHELLA, *et al.*, 2005).

Para Moreira (2012), compreender os fenômenos que integram a construção de barragens representa um assunto estratégico para o desenvolvimento econômico. Contudo, estudos sobre o tema apenas foram realizados mais recentemente e, muitos se restringiam à sedimentação apenas nos reservatórios e tinham por finalidade verificar a vida útil do mesmo (EAKIN 1939, GIMENEZ *et al.*, 1981; TUNDISI *et al.*, 1988), negligenciando os efeitos provocados nos rios e sua relação com a área de contribuição.

Ainda para Moreira (2012), estudos de Volker e Henry (1988) trouxeram uma abordagem mais abrangente sobre diversos efeitos oriundos do represamento de rios, também, Barrow (1987) estudou os efeitos de barragens e reservatórios nos trópicos e Xu (1990) observou os efeitos para o trecho a montante de barragens.

Santos (2012) descrevem os problemas oriundos da construção de barragens, tomando como exemplo os estudos realizados pelo autor, na barragem de Taquara no município de Cariré no estado do Ceará. Para o autor:

Todos os rios independentemente de tamanho transportam ao longo de seu curso, sedimentos oriundos de erosões de solo e das rochas. A construção da barragem impede ou reduz este ciclo natural, como forma compensatória, para recuperar o abastecimento de sedimentos, o rio a jusante, inicia a erodir o seu próprio leito. E como efeito deste processo leva



as margens a um alargamento e aprofundamento, comprometendo algumas obras de engenharia como: fundações de pontes, estradas, casas, abastecimento de águas no seu entorno. Nas partes costeiras, com a redução da quantidade de sedimentos carregados pelos rios que desembocam no mar, muitas praias e faixas litorâneas perdem sua antiga proteção e passam a sofrer erosão das ondas e das marés. (SANTOS, 2012, p 57, 58).

Diante do exposto é notória a necessidade de se conhecer as inter-relações entre a área de contribuição com o aporte hidrossedimentológico em reservatórios, corroborando assim, para a minimização de seus impactos.

### **3.6 Parâmetros morfométricos em bacias hidrográficas**

A caracterização de bacias hidrográficas através da análise morfométrica, pode ser compreendida como a quantificação de seus aspectos fisiográficos, que são os indicadores físicos da bacia e, que possuem grande importância para a previsão de fenômenos como enchentes, inundações e erodibilidade (VILLELA; MATTOS, 1975; CARDOSO *et al.*, 2006).

Tais propriedades constituem um importante papel nos processos dos ciclos hidrológicos, pois, elas detêm influência na infiltração, quantidade de água produzida como deflúvio, além dos escoamentos superficial e sub-superficial, que são os fluxos de água que se deslocam, respectivamente, sobre e sob a superfície das bacias hidrográficas (TONELLO *et al.*, 2006).

Para Lima (1976), o comportamento hidrológico (hidrossedimentológico) de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas e geomorfométricas, tais como: clima, geologia, solo, relevo, área drenada, rede de drenagem e, do tipo de cobertura vegetal existente. Tais parâmetros interferem nas inter-relações existentes entre a água e o solo.

Vale mencionar que os parâmetros morfológicos, morfométricos e de bacias hidrográficas podem ser compreendidos como parte do sistema morfogenético, podendo revelar características particulares das mesmas (Chorley, 1971).

A forma da bacia, bem como o arranjo do sistema de drenagem, pode ser influenciada por algumas características, principalmente pela geologia. Além disto, a forma da bacia pode atuar nos processos hidrológicos, ou, sobre o comportamento hidrológico da bacia.

Já a orientação do terreno indica a direção do fluxo das águas superficiais demonstrando as áreas propensas a um maior grau de erosividade (processo erosivo provocado pela energia cinética da chuva ao atingir o solo), bem como, o

índice de rugosidade, que além de evidenciar a dissecação do relevo, realça os riscos de erosão, contribuindo assim, para o plano de manejo e de uso potencial dos solos (FAUSTINO; SILVA, 2015).

Historicamente, desde os primórdios dos estudos geomorfológicos, com as pesquisas de Gilbert (1877), Davis (1899) e King (1953), têm-se tratado os processos e produtos morfogenéticos em média e larga-escala de análise espacial, englobando, de forma indireta, as bacias de cabeceira. Todavia, a maior parte dos progressos importantes da análise morfométrica de bacias hidrográficas nos últimos trinta anos teve sua origem na identificação da ordem dos cursos d'água estabelecida por Horton (1945) bem como, a proposta de uma abordagem quantitativa das bacias de drenagem, que criou uma nova concepção metodológica originando inúmeras pesquisas (CHRISTOFOLETTI, 1980; BENAVIDES, 2008; LAVARINE; JÚNIOR, 2013).

Através de Strahler (1957), com a substituição das descrições pelos aspectos quantitativos da morfometria, que as porções iniciais da rede de drenagem receberam acentuado volume de pesquisas específicas (LAVARINE; JÚNIOR, 2013).

A partir da década de 1950 novos parâmetros foram definidos, conforme apresentado nos estudos de Freitas (1952), Strahler (1952, 1957, 1960), Schumm (1956), Tolentino *et al.*, (1968), Christofolletti (1970); Christofolletti e Tavares (1977), dentre outros. Na Índia, alguns estudos sobre análises morfométricas utilizando técnica de detecção remota foram realizadas por Natuiay (1994), Srivastava (1997), Nag (1998) e Srinivasa *et al.*, (2004).

Para Villela e Mattos (1975), as características físicas de uma bacia, constituem elementos de grande importância para avaliação (da dinâmica de uma bacia hidrográfica) de seu comportamento hidrológico, pois, ao se estabelecerem relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos, podem-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais faltem dados. Christofolletti (1970) ressaltou ainda que, as análises de aspectos morfométricos relacionados à drenagem, relevo e geologia podem levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

No que tange à análise morfométrica de bacias hidrográficas, Guerra e Cunha (1986), salientam que a ordenação dos canais fluviais deve ser o primeiro passo (análise real, linear e hipsométrica). Os critérios de ordenação dos cursos de água foram propostos, inicialmente, por Horton (1945) e modificado por Strahler (1957).

De acordo com Horton (1945) os canais de primeira ordem não possuem tributários, os canais de segunda ordem têm afluentes de primeira ordem, os canais de terceira

ordem recebem afluentes de canais de segunda e podem receber diretamente canais de primeira ordem e assim por diante.

Em análise morfométrica das bacias hidrográficas, a forma de classificação modificada por Strahler (1957) tem sido utilizada de maneira ampla em todo o mundo (COLLARES, 2000).

Para investigar as características das diversas formas de relevo, as bacias hidrográficas se configuram como feições importantes, principalmente no que se refere aos estudos de evolução do modelado da superfície terrestre. Entretanto, a maioria dos trabalhos científicos acerca de bacias hidrográficas evidencia qualitativamente os aspectos de forma que, em geral, é insuficiente para a identificação de homogeneidades, no que diz respeito aos fatores que influenciam as formas de relevo (TONELO, 2006).

Para Alves e Castro (2003) é evidente a necessidade do emprego de métodos quantitativos para estudos morfométricos em bacias hidrográficas. Para que haja interação entre os processos, do ponto de vista quantitativo é necessário utilizar-se do método de análise morfométrica através dos seguintes parâmetros: densidade de drenagem, hipsometria, declividade e forma da bacia, dentre outros (ALVES; CASTRO, 2003; GUERRA; GUERRA, 2003; POLITANO; PISSARRA, 2003; POLITANO *et al.*, 2004).

Dessa forma, espera-se que por meio da utilização de técnicas de geoprocessamento, associadas às técnicas de interpretação dos mapas produzidos, sejam possíveis a construção de informações no tocante à descoberta dos efeitos dos parâmetros morfológicos e morfométricos das áreas de contribuição têm sobre processos hidrossedimentológicos na bacia da Rebio de Duas Bocas em Cariacica, com efeito no direcionamento de políticas ambientais, em função da dimensão, importância e características das bacias hidrográficas existentes na reserva.

## 4 ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Localização Geográfica

Os córregos Panelas, Naia-Assú e Pau Amarelo, além do Reservatório de Duas Bocas estão inseridos na Rebio de Duas Bocas, que possui cerca de 2910 ha (IEMA, 2008). Esta se localiza dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas (BHRDB), entre os municípios de Cariacica e Santa Leopoldina (ES).

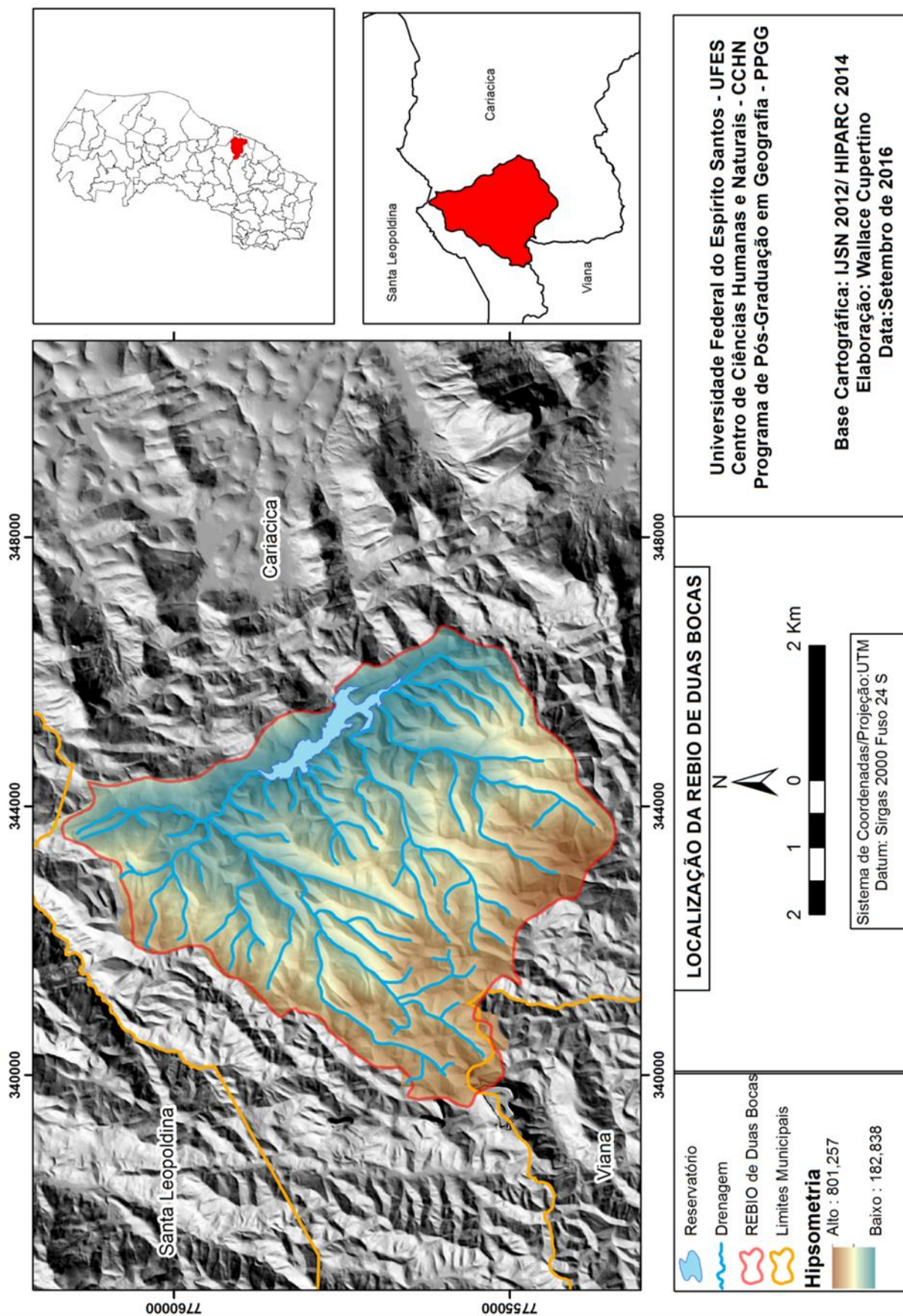
A Rebio de Duas Bocas está compreendida entre as coordenadas geográficas 20°14'04" e 20°18'30" S e 40°28'01" e 40°32'07" W, distante 27 km da capital do estado (LOPEZ, 2016). Seus limites são ao norte com Santa Leopoldina e a leste com Viana, como demonstrado na **Figura 4-1**.

A Reserva Florestal de Duas Bocas foi criada através da Lei nº 2.095 No dia 12 de janeiro de 1965. No dia 02 de Janeiro de 1991, através da Lei nº 4.503 a então Reserva Florestal passa da categoria de área de manejo para se tornar Reserva Biológica. Essa região é constituída de uma bacia bastante fragmentada e com ampla oferta de água de boa qualidade, o que fez de Duas Bocas um importante manancial de captação para abastecimento das cidades adjacentes a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) (BONI, 2012; ANDRÉ, 2012).

Devido às condições hidrológicas favoráveis, em 1912 foi autorizado pelo então Governador do Estado Jerônimo Monteiro, a compra de terras nos arredores de Pau Amarelo para a construção de uma represa de abastecimento, "Represa Velha", com inauguração em 1918 que viria a funcionar até o ano de 1950. Com o aumento da população houve a necessidade de ampliar a capacidade de abastecimento. Em 1951 o Presidente Getúlio Vargas inicia a construção do atual reservatório da Rebio de Duas Bocas que começa a operar em 1954 até os dias atuais, abastecendo cerca de 25% do município de Cariacica, ES (SANTOS, 2016; LOPEZ, 2016; BONI, 2012).

Segundo Fernandes *et al.*, (2005), em 1945 iniciaram as obras para represar as águas dos córregos Pau Amarelo, Sertão Velho, Panelas e Naia-assú, visando garantir o abastecimento de uma população crescente. Em 1951, apesar de terminada a obra da represa, a água continuava a ser distribuída sem nenhum tratamento, sendo que, somente em 1975 foi inaugurada a ETA Duas Bocas, aplicando-se cloro como agente de desinfecção e cal hidratada como corretivo do pH.

Figura 4-1 – Localização da Rebio de Duas Bocas.



O reservatório de Duas Bocas localiza-se na Rebio de Duas Bocas nas coordenadas de (20°18' S e 40°28' W). Está circundado por vegetação caracterizada como de Floresta Ombrófila Densa (FOD) submontana e montana, com diversidade biológica em bom estado de conservação. Os bosques são formados por: floresta primária (área com baixo grau de antropização) e floresta secundária (com presença dos cultivos de banana, café e pastagem) (SANTOS, 2016).

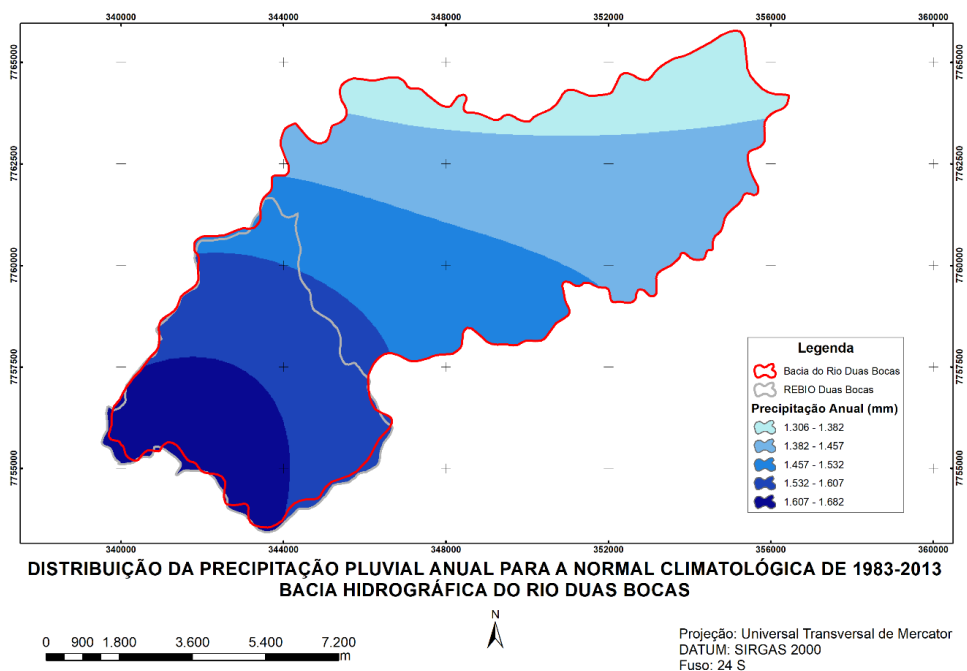
O reservatório possui espelho d'água de 50 há com profundidade máxima de 10 m e comprimento máximo efetivo de 1.607 m. A largura máxima efetiva é de 654 m e está localizada na parte inferior do relevo, a aproximadamente (200 m) (DELAZARI; BARROSO, 1998). A vazão máxima regularizada de água está na ordem de 250 l/s, segundo dados da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), (FERNANDES *et al.*, 2005).

## 4.2 Aspectos Físicos

### 4.2.1 CLIMA

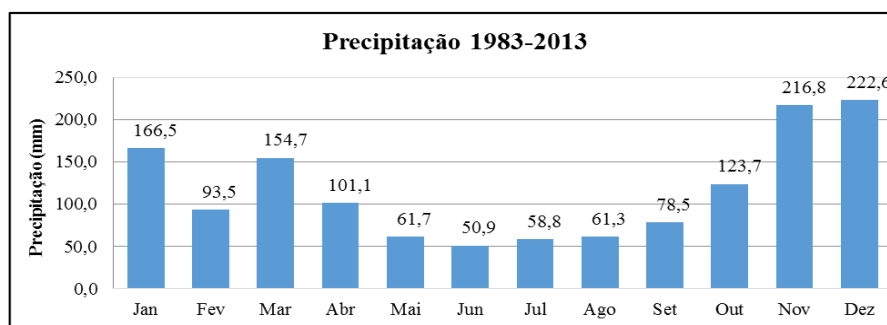
Região da Rebio de Duas Bocas é caracterizada por clima quente e úmido com temperatura média anual do ar de 22° C. Bastos *et al.*, (2015) e Nunes (2015), verificaram que na bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas, a pluviosidade média anual varia entre 1.307 a 1.656 mm (Figura 4-2).

**Figura 4-2 Distribuição de Chuva na Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas – Precipitação Anual (1983 – 2013). Organização: Bastos *et al.*, (2015) e Nunes (2015).**



Ainda de acordo com Bastos *et al.*, (2015), os períodos com maiores índices de precipitação estão compreendidos entre os meses de novembro a março e os períodos com maiores estiagens ocorrem entre abril a setembro com valores inferiores a 100 mm, conforme verifica-se no índice pluviométrico mensal da normal climatológica entres os anos (1983 – 2013), representado na (Figura 4-3). A maior pluviosidade na Rebio de Duas Bocas está associada ao efeito da topografia sobre a distribuição pluviométrica associada, possivelmente, também à evapotranspiração da cobertura vegetal de Mata Atlântica (LÓPEZ, 2016).

**Figura 4-3 Variabilidade de precipitação pluvial da sede da Rebio de Duas Bocas para a normal climatológica (1983-2013).**



**Fonte:** Organizado por Bastos *et al.*, (2015).

Outros trabalhos, como Marchioro (2012), evidenciaram a relevância da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e da Massa de Ar Polar Atlântica (MPA) sobre a distribuição pluviométrica do município de Vitória. Já Silva (2013) avaliou a relação entre a ocorrência de inundações e os eventos pluviométricos extremos do município de Vila Velha (Região Metropolitana de Vitória), que trazem prejuízos socioeconômicos e ambientais (BASTOS, *et al.*, 2015).

Os ventos predominantes na Região Metropolitana de Vitória, onde está inserida a Rebio de Duas Bocas são do quadrante norte e nordeste e, ventos de Sudoeste e Sul associados às frentes frias, que predominam no outono e no inverno. Ambos incidem perpendicularmente ao maior eixo do reservatório (1.607 m) (FERNANDES *et al.*, 2005).

#### 4.2.2 GEOLOGIA

De acordo com o RADAMBRASIL (1983) levantamento realizado pelo programa Geologia do Brasil (2012) folha Nova Venécia (SE-24-Y-B-IV) na escala 1:100.000, a Rebio de Duas Bocas caracteriza-se por domínio geológico composto especialmente por gnaisses migmatizados, sendo incluída na associação Paraíba do Sul.

A associação Paraíba do Sul é caracterizada como um compartimento que está inserido no contexto geológico do Cinturão Araçuai, também denominado de



Complexo Nova Venécia, constituindo-se assim, como a única unidade geológica da área de estudo.

#### 4.2.3 GEOMORFOLOGIA

Segundo Santos (2016), o termo Complexo Nova Venécia foi uma nova nomenclatura criada em substituição a denominação Complexo Paraíba do Sul, mas isso quando se trabalha numa escala de 1:100.000, em escalas pequenas permanece a segunda nomenclatura.

Dentre as unidades geomorfológicas existentes no município de Cariacica, a área de estudo segundo classificação do Instituto Jones dos Santos Neves IJSN (2012) é caracterizada pela unidade Patamares Escalonados do Sul Capixaba, que se constituem como unidades geomorfológicas que se diferenciam das outras áreas da região Sul Capixaba, por apresentar níveis de dissecação escalonados originando patamares, delimitados por frentes escarpadas adaptadas a falhas no sentido noroeste e, com caimento topográfico para sudeste, formando blocos basculhados em decorrência de impulsos epirogenéticos relacionados com a atuação dos ciclos geotectônicos.

#### 4.2.4 PEDOLOGIA

Para este estudo foram identificadas, segundo o levantamento pedológico da EMBRAPA (1978) (reclassificados no ano de 2013), as classes de solo: Cambissolos Háplicos, Latossolo Vermelho-Amarelo e o Litólico.

Os Cambissolos Háplicos representam 2400 ha da Rebio de Duas Bocas compreendendo cerca de 82,1% da área total, apresentando horizonte A moderado com textura argilosa-média e fator de erodibilidade (K) 0,034. Essa classe de solo é encontrada em regiões de relevo dissecado, sendo pouco profundos, dificilmente atingindo 1 m de solum, com argilas de atividade média a alta, de variação textural moderada, apresentando quantidades de minerais primários, relativamente grande, o que torna a intemperização mais fácil, principalmente em fragmentos de rochas (EMBRAPA, 2013; LEPSCH, 2011).

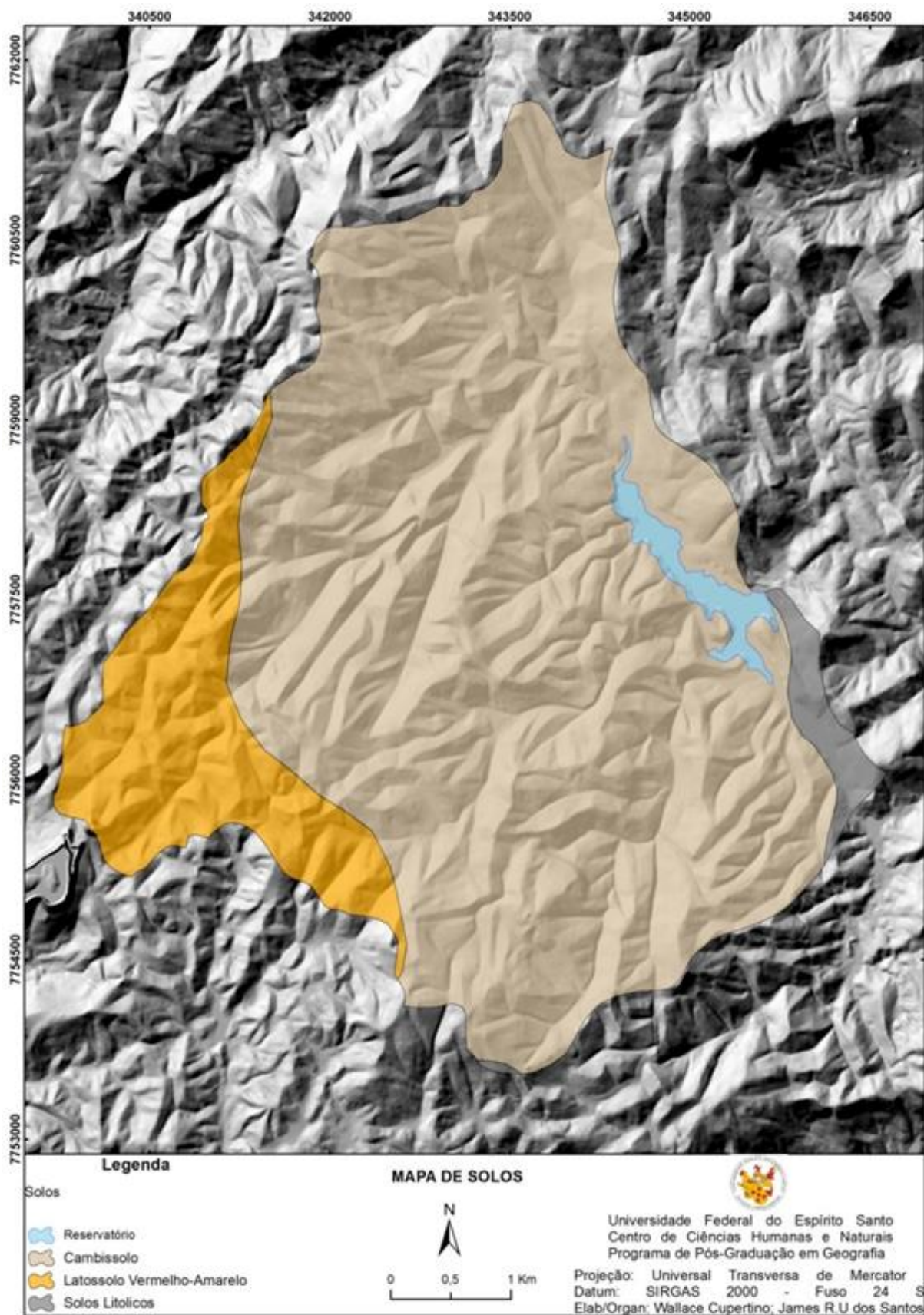
Os Latossolos Vermelho-Amarelo da Rebio de Duas Bocas representam um total de 14,1% da área e, constituem 413,5 há apresentando horizonte Bw, com textura argilosa, fator de erodibilidade (K) 0,02. De acordo com o Plano de Manejo da Rebio de Duas Bocas (PLANAVE, 1996) esses são solos acentuadamente drenados, com pH 4,3 à profundidade de aproximadamente 30 cm. Essa classe de solo pode ser encontrada nas mais variadas feições do relevo e, apresenta como características, estrutura granular de aspecto maciço com associação de estrutura moderada arranjada em blocos subangulares. Porém, podendo haver ainda presença de



goetita, óxidos de ferro e hematita ao passo que os solos ficam com uma coloração mais avermelhada (EMBRAPA, 2013; PALMIERI; LARACH, 2003).

O Neossolo Litólico, corresponde a uma pequena porção da Rebio de Duas Bocas com uma área de 60 ha representando o 2,05%, com textura média e argilosa, presente no relevo montanhoso e escarpado, associado a afloramentos rochosos, com horizonte A ou hístico assentados diretamente sobre a rocha, sobre horizonte e/ou Cr, ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm, que apresentam um contato lítico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2013). Através da Figura 4-4 pode-se observar a distribuição das classes de solos na Rebio de Duas Bocas.

Figura 4-4 – Classes de solos da Rebio de Duas Bocas



#### 4.2.5 HIDROGRAFIA

A rede hidrográfica do reservatório de Duas Bocas é composta pelos córregos, Pau Amarelo, Panelas, Naiá-Assú e Sertão Velho. Todos estes córregos encontram-se circundados, em sua maioria, com vegetação de Mata Nativa ou Mata Atlântica bem preservada, fator que corrobora para a minimização da produção de sedimento.

Estudo desenvolvido por Perrone (1995), verificou que o córrego Pau Amarelo possui uma vazão média de 137,5 l/s, média de 27 mg/l de sólidos totais dissolvidos, 1,05 mg/l de sólidos em suspensão e 44,4 de mg/l de sólidos totais, possuindo o pH neutro a ligeiramente alcalino. Este córrego conta com uma área de drenagem de 1.516ha, com 6,5 km de extensão, apresentando quinta ordem hierárquica, magnitude de drenagem de 27 cursos d'água, sendo também o de maior capacidade de transportar classes de sedimentos grossos como areia (CUPERTINO; SANTOS; MARCHIORO, 2015; PERRONE, 1995).

O córrego Naia-Assú apresenta vazão média de 50 l/s uma concentração média de sólidos totais dissolvidos de 21,3 mg/l., média de sólidos totais em suspensão 0,8 mg/l., com pH neutro a ligeiramente alcalino e, com uma hierarquia fluvial de terceira ordem (MARCHIORO, 1996).

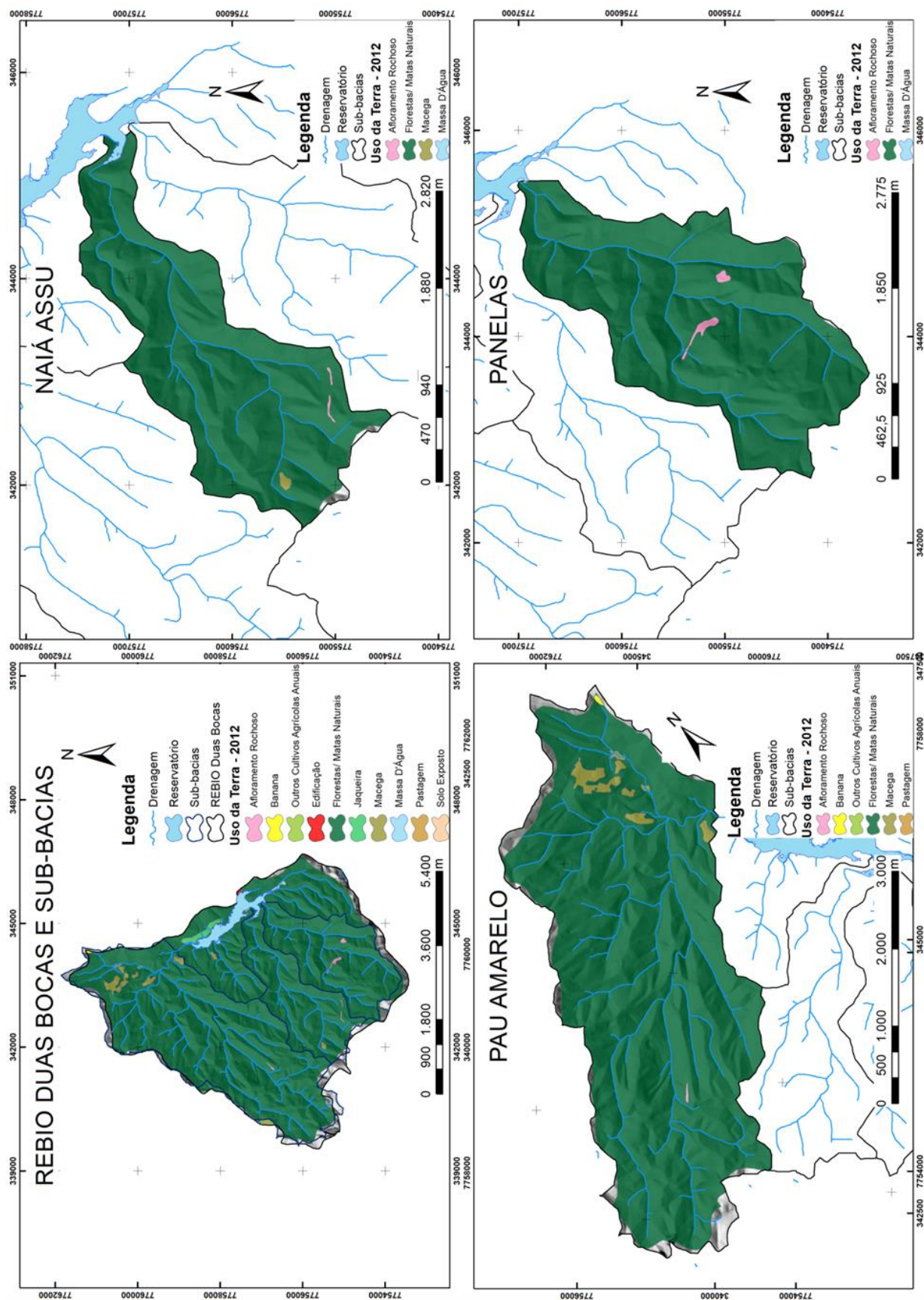
### 4.3 Aspectos Socioeconômicos

#### 4.3.1 USO E COBERTURA DA TERRA

Em termos de uso e cobertura da terra, de acordo com Santos (2016), o ano de 2012 demonstrou a cobertura de Mata Atlântica (primária e secundária) como dominante, representando 96,2% da área total da Rebio de Duas Bocas, seguida dos corpos d'água, com 1,7%, macega representando 1,2%, glebas de jaqueiras (*Artocarpus heterophyllus*) 0,65% e afloramentos rochosos representando somente 0,2% do total (Figura 4-5).

O status de Reserva Biológica instituída por lei, conferem à região proteção contra a ação antrópica, mesmo estando situada na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) e, de possuir no seu entorno cultivos de banana, café, coco baía, pastagem e silvicultura (SANTOS, 2016).

Figura 4-5 – Uso e cobertura da terra da Rebio de Duas Bocas e suas bacias hidrográficas (Mod. SANTOS, 2016)





#### 4.4 Estudos Pretéritos

Devido a importância da Rebio de Duas Bocas para o Município de Cariacica, e constituindo um laboratório natural para diversas pesquisas de cunho ambiental e geológico foram desenvolvidos estudos pretéritos objetivando, principalmente, à limnologia do reservatório, haja vista que a principal característica de utilização do reservatório ser a de abastecimento doméstico. Para o conjunto reserva biológica/reservatório, podem ser encontradas pesquisas referentes ao transporte de sólidos em suspensão, precipitação, vulnerabilidade e erosividade do solo, dentre outros, no

Quadro 1 seguem alguns estudos realizados nesse relevante fragmento de Mata Atlântica.

**Quadro 1 – Pesquisas Realizadas na Reserva Bilógica de Duas Bocas.**

ANO	PESQUISA	AUTOR
1995	Estudos Preliminares sobre a Carga de Sólidos Transportados, Parâmetros Morfométricos e Pluviométricos da Bacia do Córrego Pau Amarelo – Reserva Biológica de Duas Bocas – ES. Monografia	PERRONE, A.
1996	Avaliação de Sólidos Transportados, Parâmetros da Morfometria e Solos de Seções Fluviais do Córrego Naia-Assú (Reserva Biológica de Duas Bocas - ES) Monografia.	MARCHIORO, E
1996	Avaliação de Sólidos Transportados, Parâmetros da Morfometria e Solos de Seções Fluviais do Córrego Naiá-Assú (Reserva Biológica de Duas Bocas/ES. (PPGE/UFES). V 01, n.01, p. 185-195	MARCHIORO, E
1998	Variáveis Físico-Químicas do Reservatório da Reserva Biológica de Duas Bocas: Estudo Preliminar. Cadernos de Pesquisa da UFES, n. 8, p. 81- 92.	DELAZARI, A.; BARROSO, G. F.
1999	Estudos de Parâmetros Morfométricos e Sólidos em Suspensão em Bacias Hidrográficas como Subsídios ao Manejo Ambiental: estudo de caso das Sub-bacias do rio Duas Bocas (ES). VIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 01. p. 40-41.	BARROSO, G. F.; MARCHIORO, E.
2000	Comunidade Fitoplancônica do Reservatório Duas Bocas – ES: Variação Vertical e Temporal em Duas Épocas Distintas. 201f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.	DELAZARI- BARROSO, A.
2003	Variação da Concentração de Matéria Orgânica, Fósforo e Nitrogênio Total no Sedimento em Função da Zonação Longitudinal da Represa de Duas Bocas (Cariacica, ES). 49f. Monografia (Bacharelado) – UFES.	MORELATO, S. L.
2003	Aspectos Florísticos e Ecológicos de Palmeiras (Arecaceae) da Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, Espírito Santo. Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão, v. 16, p. 5–20.	LIMA, A. L.; SOARES, J. J.
2004	Variação Temporal e Espacial da Comunidade Ficoperifítica em um Reservatório de Abastecimento Doméstico no Estado do Espírito Santo (Reservatório Duas Bocas, Cariacica). 77f. Monografia (Bacharelado) - UFES, Vitória, 2004.	CETRANGOLO, C.

2005	Potencial de Florações de Cianobactérias em um Reservatório de Abastecimento Doméstico no Estado do Espírito Santo (Reservatório Duas Bocas-Cariacica-ES). Relatório apresentado à Funasa. Brasília: Fundação Nacional de Saúde.	FERNANDES, V.O.; DIAS JR, C.; <i>et al.</i>
2007	A. Fatores controladores do desenvolvimento do fitoplâncton em um reservatório de abastecimento público no Espírito Santo, com ênfase em cianobactérias. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007, 94p.	DELAZARI-BARROSO, A
2009	Um Alerta Para os Riscos de Bioinvasão de Jaqueiras, <i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam., na Reserva Biológica Paulo Fraga Rodrigues, antiga Reserva Biológica Duas Bocas, no Espírito Santo, Sudeste do Brasil. <i>Natureza on line</i> , v. 7, n. 1, p. 51–55.	BONI, R.; NOVELLI, F. Z.; SILVA, A. G
2009	Physical Regimes and Nutrient Limitation Affecting Phytoplankton Growth in a Meso-Eutrophic Water Supply Reservoir in Southeastern Brazil. <i>Lakes &amp; Reservoirs: Research and Management</i> . V. 14, p. 269–278.	DELAZARI; BARROSO, A; BARROSO, G. F; <i>et al.</i>
2012	Histórico da Reserva Biológica. Últimos Refúgios: Reserva Biológica de Duas Bocas. Série – Áreas Protegidas. Vol. 1. 1ª Edição, Associação Últimos Refúgios. Vitória-ES.	BONI, R. L; <i>et al.</i>
2012	Abordagem Historiográfica Sobre a Reserva Biológica de Duas Bocas/Cariacica-ES: (1912-1991). Dissertação (mestrado), UFES.	ANDRÉ, C.
2014	O Efeito da Escala na Análise Geomorfométrica da Subbacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas, Tributário da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória-ES, (monografia).	AMORIM, L, N.
2015	Análise da Distribuição Granulométrica do Reservatório da Reserva Biológica de Duas Bocas – Cariacica (ES). In: Congresso Internacional de Hidrossedimentologia, v.1. Porto Alegre - RS. Anais. UFRGS. v. 1, p. 56 – 60.	CUPERTINO, W; SANTOS, J. R. U; MARCHIORO, E
2015	Análise da Vulnerabilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas (ES). In: I Congresso Internacional de Hidrossedimentologia, 2015. Anais. UFRGS. v. 1.	SANTOS, J. R. U; CUPERTINO, W; MARCHIORO, E.
2015	Ritmo Pluviométrico da Bacia do Rio Duas Bocas (ES). I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias – SASGEO. Uberaba – MG, 2015.	BASTOS, K. V; <i>et al.</i>
2016	Interceptação de Águas Pluviais no Fragmento Florestal de Mata Atlântica da Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica (ES) Brasil. (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFES.	LÓPEZ, J. F. B.
2016	Evolução da Vulnerabilidade a Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas (ES). (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFES.	SANTOS, J. R. U.

2017	Hidrossedimentologia de uma Bacia Hidrográfica na Região Serrana do Espírito Santo (Brasil)	MARCHIORO, E; <i>et al.</i>
2017	Variabilidade Granulométrica do Reservatório da Reserva Biológica de Duas Bocas-Cariacica (ES): Inter-Relações com Tributários Adjacentes.	CUPERTINO, W; MARCHIORO, E.
2017	Hidrosedimentologia de uma bacia hidrográfica na região serrana do Espírito Santo (Brasil). In: II Congresso Internacional de Hidrossedimentologia, 2017, Foz do Iguaçu. II Congresso Internacional de Hidrossedimentologia. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2017. v. 1.	MARCHIORO, E; <i>et al.</i>

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

## 5 METODOLOGIA

O desenvolvimento metodológico do trabalho, foi baseado nos seguintes tópicos: a) elaboração de mapas através do uso de técnicas de geoprocessamento em ambiente de sistemas de informações geográficas SIG; b) determinação de parâmetros morfométricos; c) monitoramento da pluviosidade; d) monitoramento da vazão dos córregos; e) monitoramento de sólidos em suspensão; f) distribuição granulométrica do reservatório da Rebio de Duas Bocas; g) caracterização textural dos sedimentos.

### 5.1 Elaboração de mapas através do uso de técnicas de geoprocessamento em ambiente dos sistemas de informações geográficas (SIG)

Para a elaboração dos mapas foram utilizadas as bases de dados cartográficas nos formatos vetorial e matricial (raster). Essas informações foram adquiridas junto às seguintes instituições: Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER, 2012), Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2012), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999), Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN, 2012), disponíveis em seus respectivos sites gratuitamente.

De posse dos dados, utilizou-se o software ArcGIS<sup>R</sup> versão 10.2 (ESRI, 2012). Vale ressaltar que este software foi utilizado para a elaboração de todo trabalho cartográfico e análises espaciais efetuadas para desenvolvimento dos mapas morfométricos.

Para a obtenção do Modelo Numérico de Terreno (MNT) foram utilizadas curvas de nível com equidistância de 5m e pontos cotados, através da ferramenta *Topo to Raster* (3D Analyst). Para tornar o (MNT) consistente foi utilizado a ferramenta *Fill*, que preenche as possíveis falhas nas elevações de maneira que os erros possam ser minimizados.

Seguindo metodologia utilizada em Coelho (2007a, 2007b, 2008), a partir do MNT, foi possível gerar um Modelo Digital do Terreno (MDT), do qual foram usados os seguintes comandos/funções: *flow direction* (direção de fluxo), *flow accumulation* (fluxo acumulado), *watershed* (delimitação de bacias).

Essas funções permitiram delimitar a rede de drenagem, sendo a hierarquização fluvial gerada conforme ordenação de Horton (1945), modificado por Strahler (1952), através da extensão *hydrology*, e o uso da ferramenta *stream order*, com aplicação do algoritmo Strahler. O mapa de declividade foi elaborado através da ferramenta *Slope* (3D Analyst), sendo representada através de porcentagem, seguindo a classificação da EMBRAPA (1999).



Tabela 1 – Classificação da declividade segundo EMBRAPA (1999)

Declividade	Discriminação
0-3%	Relevo Plano
3-8%	Relevo Suavemente Ondulado
8-20%	Relevo Ondulado
20-45%	Relevo Fortemente Ondulado
45-75%	Relevo Montanhoso
>75%	Relevo Fortemente Montanhoso

O índice acumulado de rugosidade (ICR) foi obtido de acordo com a metodologia proposta por Sampaio; Augustin, (2014). Para os autores, o ICR é obtido a partir da transformação do modelo digital de elevação (MDE) em valores de declividade calculados em porcentagem, os quais são posteriormente convertidos para o formato de pontos (vetorial), sendo armazenados como atributos os valores de declividade. Para isso, é utilizado o estimador de densidade de Kernel, que é uma ferramenta geoestatística que permite a análise da dispersão ou concentração de um fenômeno espacial (SOUZA; SAMPAIO, 2010). Para o mapa de ICR, o kernel estabelece o número de classes, assim como, seus respectivos intervalos.

Para a elaboração do mapa de áreas de contribuição (AC) foi utilizado o comando *flow accumulation*. O fluxo acumulado é um atributo de terreno obtido pelo MDE. Com o MDE pronto para aplicação dos modelos, utilizou-se a metodologia de determinação de drenagens para os dois algoritmos presentes no pacote *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* - TAUDem (TARBOTON, 2010) chamados de D8 e *D-Infinity*.

Dentre esses algoritmos que possibilitam a delimitação de cursos d'água, o método das oito possíveis direções de fluxo (D8) atribui a cada pixel um número indicativo de uma das oito direções de fluxo possíveis (O'CALLAGHAN e MARK, 1984). O método utilizado para esse trabalho é o *D-Infinity* (Método da Direção do Fluxo Múltiplo) (TARBOTON, 1997), que tem se mostrado um modelo mais acurado na determinação das drenagens de uma bacia hidrográfica (BOSQUILIA, *et al.*, 2013).

Ao comparar os dois métodos, Bosquilia, *et al.*, (2013) considerou que método *D-Infinity* se mostrou mais próximo dos resultados obtidos por intermédio das cartas topográficas, segundo o autor:

No modelo *D-Infinity*, o algoritmo obtém infinitas possibilidades de direção de fluxo, que supera a limitação do D8, já que este apenas considera uma possibilidade entre as oito vizinhas para a água escoar. O *D-Infinity* calcula as infinitas possibilidades de direções de fluxo da água a partir de facetas triangulares, em uma janela de 3x3 pixels. Dessa forma, a distribuição do

fluxo é proporcional, entre os pixels subjacentes, de acordo com a declividade de cada faceta triangular (BOSQUILIA, *et al.*, 2013, p 448).

O método *D-Infinity* auxilia na simulação do escoamento superficial da água indicando os locais onde há concentração ou dissipação do fluxo.

Obter o mapa de áreas de contribuição é uma tarefa complexa, seja manual ou computacional, uma vez que reúne as características do comprimento de rampa (conexão com divisores de água a montante), e também as características da curvatura horizontal (confluência e divergência das linhas de fluxo) (FREITAS *et al.*, 2012; VALERIANO, 2008).

## 5.2 Determinação de parâmetros morfométricos

Os parâmetros morfométricos foram obtidos através de duas etapas. A primeira, constituiu na utilização do *software* ArcGIS<sup>R</sup> versão 10.2 ESRI (2012), onde foram calculadas e adquiridas as seguintes variáveis: área da bacia (A), perímetro (P), comprimento do eixo da bacia (axial) (La), altitudes (mínima, média e máxima), declividades (média e máxima), comprimento total dos canais (Lt), comprimento do canal principal (L), hierarquia dos canais e contagem de nascentes, seguindo método de Strahler (1952), para cada bacia.

Nas modificações feitas por Strahler (1952) no trabalho de Horton (1945), os segmentos de canais formadores, sem tributários, estendendo-se desde a nascente até a confluência, são denominados de primeira ordem; da confluência de dois canais de primeira ordem surgem os segmentos de canais de segunda ordem que só recebem afluentes de ordem inferior (segmentos de canais de primeira ordem). Da confluência de dois segmentos de canais de segunda ordem surgem os segmentos de terceira ordem que recebem afluentes de ordens inferiores, no caso, segmentos de primeira e segunda ordem e, assim por diante (GUERRA; CUNHA 1995).

As alterações feitas por Strahler (1952), elimina o conceito de que o rio principal deva ter o mesmo número de ordem da nascente até a foz, como proposto por Horton (1945) facilitando a classificação dos canais e eliminando a necessidade de se refazer a ordenação a cada confluência. As demais variáveis foram calculadas através de equações.

A morfometria da bacia hidrográfica foi representada pelas características geométricas, de relevo e da rede de drenagem, de acordo com o Quadro 2.

**Quadro 2 – Características morfométricas obtidas no estudo das bacias hidrográficas da Rebio de Duas Bocas**

<b>Características geométricas</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidade</b>
Área total	A	m <sup>2</sup>
Perímetro	P	m
Coeficiente de compacidade	kc	-
Comprimento do eixo da bacia	-	km
Índice de sinuosidade	-	km
Fator de forma	F	-
Índice de circularidade	lc	-
<b>Características do relevo</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidade</b>
Declividade média	-	%
Elevação mínima	-	m
Elevação média	-	m
Elevação máxima	-	m
<b>Características da rede de drenage</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidade</b>
Comprimento total dos canais	-	km
Comprimento do canal principal	-	km
Hierarquização da Bacia	-	-
Densidade de drenagem	Db	km/km <sup>2</sup>
Contagem de nascentes	-	-
Densidade de rios	Dr	-

### 5.2.1 ÁREA DA BACIA E OS ELEMENTOS LINEARES

De acordo Horton (1945), a área de uma bacia hidrográfica (A) é toda a superfície drenada pelo sistema fluvial inclusa entre seus divisores topográficos, projetada em plano horizontal, constituindo-se como elemento básico. A dimensão da bacia hidrográfica afeta as vazões mínimas e máximas. A associação da área da bacia com os elementos lineares são de grande importância para o cálculo de diversos índices morfométricos.

Os outros parâmetros lineares utilizados nesse estudo são o perímetro da bacia (P) que é o comprimento total dos divisores em km, comprimento do rio principal (L) da nascente até o seu exutório, em km, e o comprimento axial, em km, o ponto mais distante do exutório em linha reta até os limites da bacia.

### 5.2.2 FATOR DE FORMA

O fator de forma (Ff) relaciona a forma da bacia com um retângulo, correlacionando a razão entre a largura média e, o comprimento axial da bacia da foz, até o ponto mais distante do espigão. Sua determinação é através da seguinte equação.

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

equação 1

Onde:  $A$  – área da bacia ( $\text{km}^2$ );  $L$  – comprimento do eixo (km).

### 5.2.3 DENSIDADE DE RIOS

A densidade de rios ( $Dr$ ) é a relação existente entre o número de nascentes e a área da bacia hidrográfica. Tal variável é importante, pois representa matematicamente a capacidade que a bacia tem de gerar novos cursos de água. É expressa segundo a equação.

$$Dr = \frac{N}{A}$$

equação 2

Onde:  $N$  – quantidade de nascentes;  $A$  – área da bacia ( $\text{km}^2$ ).

### 5.2.4 DENSIDADE DE DRENAGEM

Segundo Horton, (1945) este índice correlaciona o comprimento total dos canais fluviais com a área da bacia hidrográfica. Para calcular o comprimento devem ser considerados tanto os rios perenes como os temporários.

O comportamento hidrológico das rochas, em um mesmo ambiente climático influencia a densidade de drenagem, ou seja, onde a infiltração é mais dificultada há maior escoamento superficial, favorecendo a esculturação de canais permanentes e, conseqüentemente, densidades de drenagens mais elevadas (TEODORO *et al.*, 2007). De acordo com Villela e Mattos (1975), este índice pode variar de 0,5  $\text{km}/\text{km}^2$  para bacia com drenagem pobre a 3,5  $\text{km}/\text{km}^2$  para bacias bem drenadas.

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

equação 3

Onde:  $Lt$  – comprimento total dos canais (km);  $A$  – área da bacia ( $\text{km}^2$ ).

### 5.2.5 ÍNDICE DE CIRCULARIDADE

Concomitantemente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade ( $I_c$ ), próximo à unidade, indica que a região estudada tenderá à forma circular, e diminui à medida que a forma torna alongada, segundo a equação 5 (MILLER 1953). O ( $I_c$ ) é obtido a partir da relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da área total da bacia.

$$I_c = A/P^2$$

equação 4

Onde:  $A$  – área da bacia ( $Km^2$ );  $P^2$  – perímetro ( $m$ )

### 5.2.6 COEFICIENTE DE COMPACIDADE

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) relaciona a forma da bacia a um círculo de mesma área, utilizando os fatores geométricos de perímetro ( $P$ ) e área ( $A$ ) da bacia. Quanto mais irregular for a forma da bacia, maior será este coeficiente e, sua variação não tem um intervalo específico (adimensional). Apenas sabe-se que quanto mais diferente e maior que 1, mais alongada será essa bacia e, quanto mais próximo de 1 mais suscetível a enchentes (VILLELA e MATTOS, 2006).

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}}$$

equação 5

Onde:  $A$  – área da bacia ( $Km^2$ );  $P^2$  – perímetro ( $m$ )

## 5.3 Monitoramento da pluviosidade

Nessa seção serão descritos o funcionamento das estações pluviométricas de onde foram monitorados os dados de precipitação e as suas respectivas localizações na Rebio de Duas Bocas. Os locais de monitoramento das precipitações foram, respectivamente, na cabeceira do córrego Pau Amarelo, a uma altitude de 740m, e em seu exutório, a uma altitude de 197m. Os Pluviômetros são associados a um acumulador de dados (*data logger*) com armazenamento dos dados de precipitação a cada 5 minutos, podendo ser também, totalizados por hora ou dia.

Os pluviômetros utilizados nesse trabalho são compostos por uma balança dupla com chave magnética, funil de coleta, funil para passagem de água e sensor para precipitação pluviométrica. É um equipamento capaz de registrar automaticamente

os dados de chuva em função do tempo de ocorrência, possibilitando medir a quantidade de chuva, tempo de duração e, portanto, sua intensidade (Figura 5-1) (SESTREN, 2012).

**Figura 5-1– Estação de Monitoramento Pluviométrico da Rebio de Duas Bocas**



**Fonte:** Arquivo Pessoal

O funcionamento deste modelo de pluviômetro se dá através do princípio de medição com caçambas basculantes. A água proveniente da precipitação pluvial captada pelo pluviômetro é conduzida a um funil principal que descarrega sobre um segundo funil interno, onde a água acessa uma peça com duas caçambas, arranjada de tal modo que, quando uma se enche, o peso da água a faz tombar, e coloca em posição a outra para encher. Cada tombamento equivale a 0,25 mm de água que em geral, é a medida padrão.

Após a movimentação da balança pela água, é gerado um pulso elétrico que é enviado ao *datalogger*, que o integra e armazena na memória, gerando uma medição. Ao mesmo tempo o pulso gerado pela água da chuva na caçamba representa 0,25 mm, cada pulso gerado no período de 5 minutos é somado representando um único evento. Para essa pesquisa adotou-se que na ocorrência de um intervalo sem chuvas que ultrapasse 15 minutos, será considerado um novo evento. O local escolhido para a instalação do equipamento apresenta as condições necessárias para que não haja influência da vegetação existente nas margens do reservatório.

A coleta de dados nos pluviômetros foi realizada em intervalos de aproximadamente 15 (quinze) dias, utilizando para isso, um computador portátil, já que os dados são

armazenados de maneira automática no *datalogger*. Além disso, os monitoramentos quinzenais dos equipamentos visam verificar e, garantir, o funcionamento dos instrumentos de medição, com vistas a garantir o correto processamento dos dados.

#### 5.4 Monitoramento da vazão nos córregos

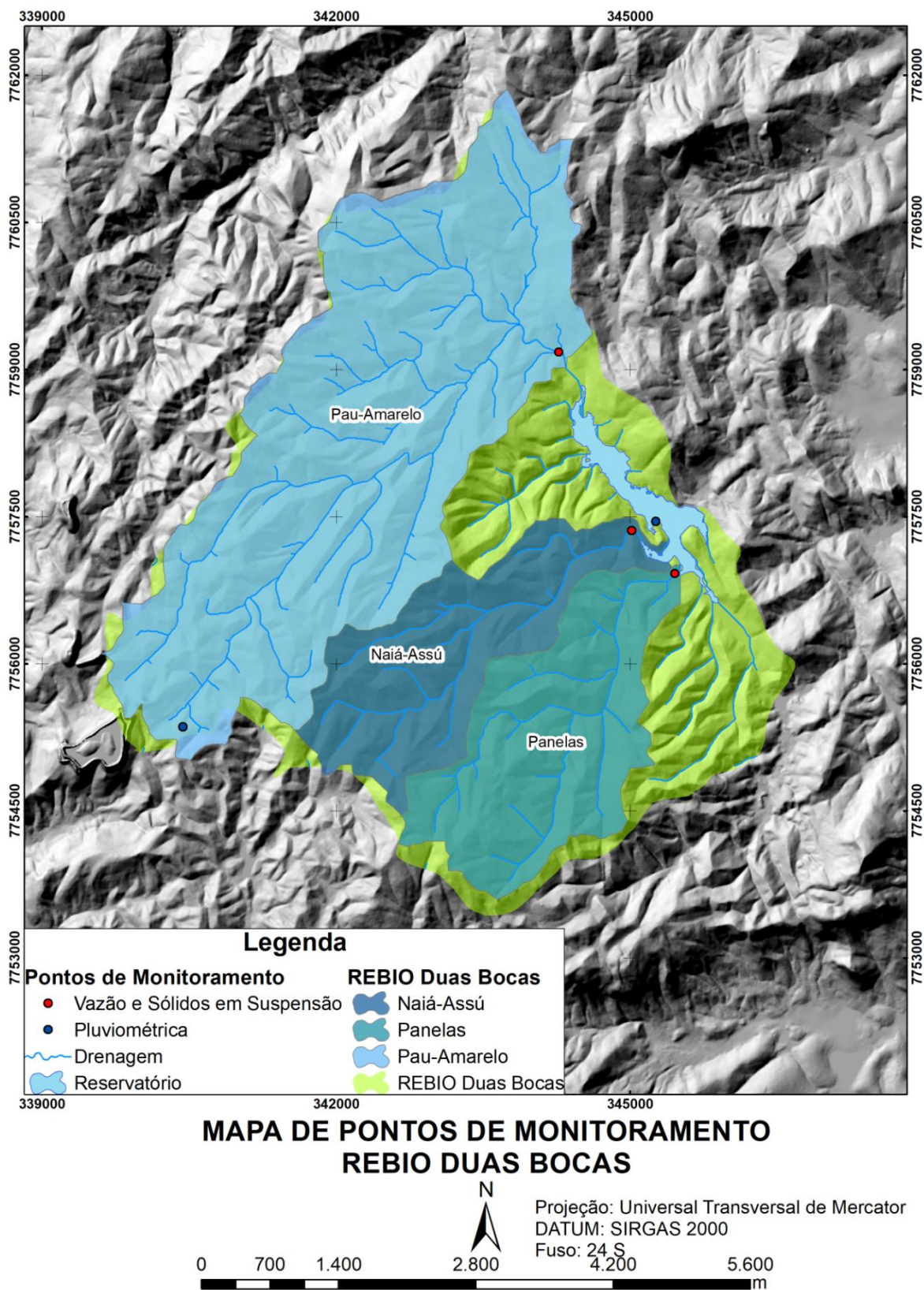
As medidas de vazão foram obtidas através de monitoramento em pontos, previamente determinados, respeitando a profundidade mínima de 2cm, que é o necessário para o funcionamento do medidor acústico *Sontek Flow Tracker*. Os três córregos tributários Pannels, Naiá-Assú e Pau Amarelo, foram monitorados no período de um ano, entre os meses de setembro de 2015 a novembro de 2016, sendo, as medições realizadas aproximadamente a cada quinze dias, perfazendo um total de 25 leituras. As medições foram realizadas próximo às desembocaduras dos córregos, conforme a Figura 5-2.

A vazão de um curso d'água é definida como o volume de água que passa por uma área do canal fluvial por unidade de tempo, sendo o valor expresso em metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ).

O método de medição de vazão *Acoustic Doppler Velocimeter* (ADV) com o equipamento *Sontek Flow Tracker* possui como características principais: capacidade de funcionamento em lâminas d'água a partir de 2 cm até 1,2m. O equipamento mede velocidades de 0,001 a 4.5 m/s e, quando combinado com uma vara de medição o *Flow Tracker* pode ser utilizado para medir vazão em uma seção de um rio com até 1,2 m de profundidade (Figura 5-3). Para aferir a vazão, o rio é dividido em várias seções entre uma margem e outra e, em cada seção, é medida a profundidade e velocidade em um ponto específico.

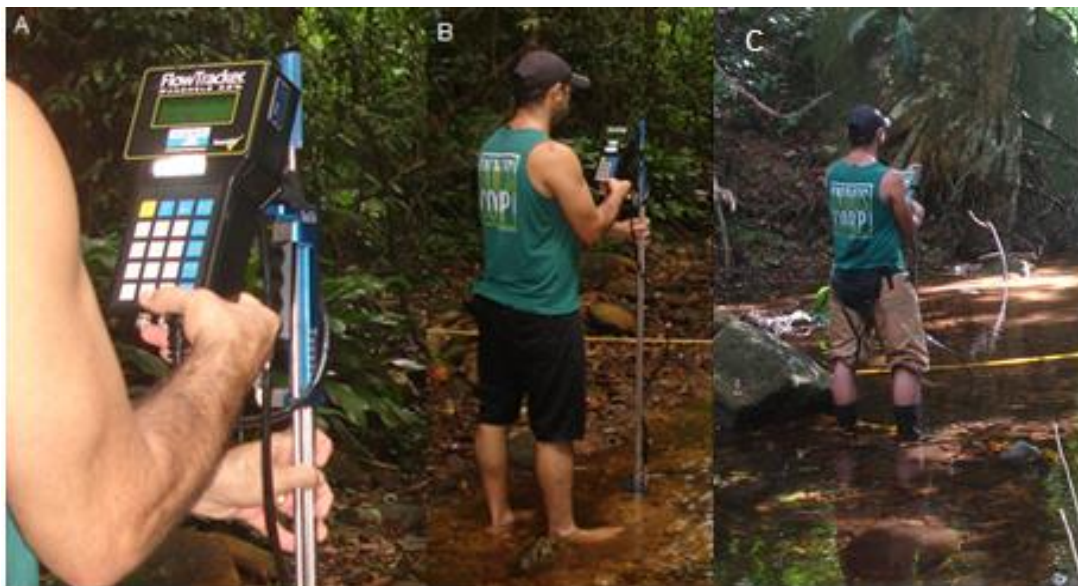


**Figura 5-2 –Estações de amostragem hidrossedimentológica nas bacias dos córregos Pau Amarelo, Naiá-Assú e Panelas.**





**Figura 5-3 – Monitoramento de vazão fluvial na Rebio de Duas Bocas.**



**(A) Medidor ADV *Flow Tracker*. Foto (B) leitura de vazão no córrego panelas e (C) leitura de vazão no córrego Pau Amarelo. Fonte: Arquivo pessoal**

Quando as seções são combinadas, a vazão total pode ser calculada automaticamente. O cálculo de vazão é baseado na profundidade, largura da estação e, velocidade média. Na Figura 5-4 e Figura 5-5 são apresentados, respectivamente, resultados de registros de monitoramento da vazão gerados pelo *FlowTrack*, e relatório de profundidade, velocidade e vazão, coletada na segunda quinzena do mês de janeiro.

Figura 5-4 – Relatório emitido do monitoramento de vazão do ADV *Sontek FlowTracker*

Relatório da Medição												Feito em: Wed Jan 27 2016	
<b>Informação do Arquivo</b>						<b>Detalhes do Local</b>							
Nome do Arquivo PAU2.JAN.WAD						Nome do Local							
Data e Hora Iniciais 2016/01/22 12:58:04						Operador(es) WALLACE							
<b>Informação do Sistema</b>						<b>Unidade (Medidas Métricas)</b>			<b>Incerteza da Vazão</b>				
Tipo de Equipamento FlowTracker						Distância m			Categoria ISO Estatística				
Número de Série P5545						Velocidade m/s			Acurácia 1.0% 1.0%				
Versão firmware CPU 3.9						Área m <sup>2</sup>			Profundidade 0.5% 1.2%				
Versão do Programa 2.30						Vazão m <sup>3</sup> /s			Velocidade 1.3% 9.1%				
Correção para suporte 0.0%									Largura 0.2% 0.2%				
									Método 2.6% -				
									Nº de Estações 4.2% -				
									<b>Total 5.2% 9.3%</b>				
<b>Resumo</b>													
Int de Amostragem 40				Nº de Estações 12									
Margem Inicial Margem Esquerda				Largura Total 3.300									
SNR Médio 22.1 dB				Área Total 0.669									
Temp Média 21.74 °C				Prof Média 0.203									
Eq. de Vaz. Secção-Meio				Velocidade Média 0.1881									
				<b>Vazão Total 0.1258</b>									
<b>Resultados da Medição</b>													
Est	Hora	Loc	Mét	Prof	%Prof	PMedid	Vel	FatCor	VMédia	Área	Vazão	%Vazão	
0	12:58	0.00	Nenhum	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0	
1	13:00	0.30	0.6	0.340	0.6	0.136	0.1576	1.00	0.1576	0.102	0.0161	12.8	
2	13:01	0.60	0.6	0.280	0.6	0.112	0.1947	1.00	0.1947	0.084	0.0164	13.0	
3	13:03	0.90	0.6	0.240	0.6	0.096	0.2706	1.00	0.2706	0.072	0.0195	15.5	
4	13:04	1.20	0.6	0.240	0.6	0.096	0.1835	1.00	0.1835	0.072	0.0132	10.5	
5	13:06	1.50	0.6	0.240	0.6	0.096	0.2270	1.00	0.2270	0.072	0.0163	13.0	
6	13:07	1.80	0.6	0.220	0.6	0.088	0.1420	1.00	0.1420	0.066	0.0094	7.4	
7	13:09	2.10	0.6	0.210	0.6	0.084	0.2023	1.00	0.2023	0.063	0.0127	10.1	
8	13:11	2.40	0.6	0.180	0.6	0.072	0.2077	1.00	0.2077	0.054	0.0112	8.9	
9	13:12	2.70	0.6	0.160	0.6	0.064	0.2187	1.00	0.2187	0.048	0.0105	8.3	
10	13:17	3.00	0.6	0.120	0.6	0.048	0.0148	1.00	0.0148	0.036	0.0005	0.4	
11	13:17	3.30	Nenhum	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0	

Fileiras em letra itálica indicam aviso de Controle de Qualidade (CQ). Vide página de CQ desse relatório para maiores informações.

Figura 5-5 – Relatório de profundidade, velocidade e vazão por setores dos córregos da Rebio de Duas Bocas

## Relatório da Medição

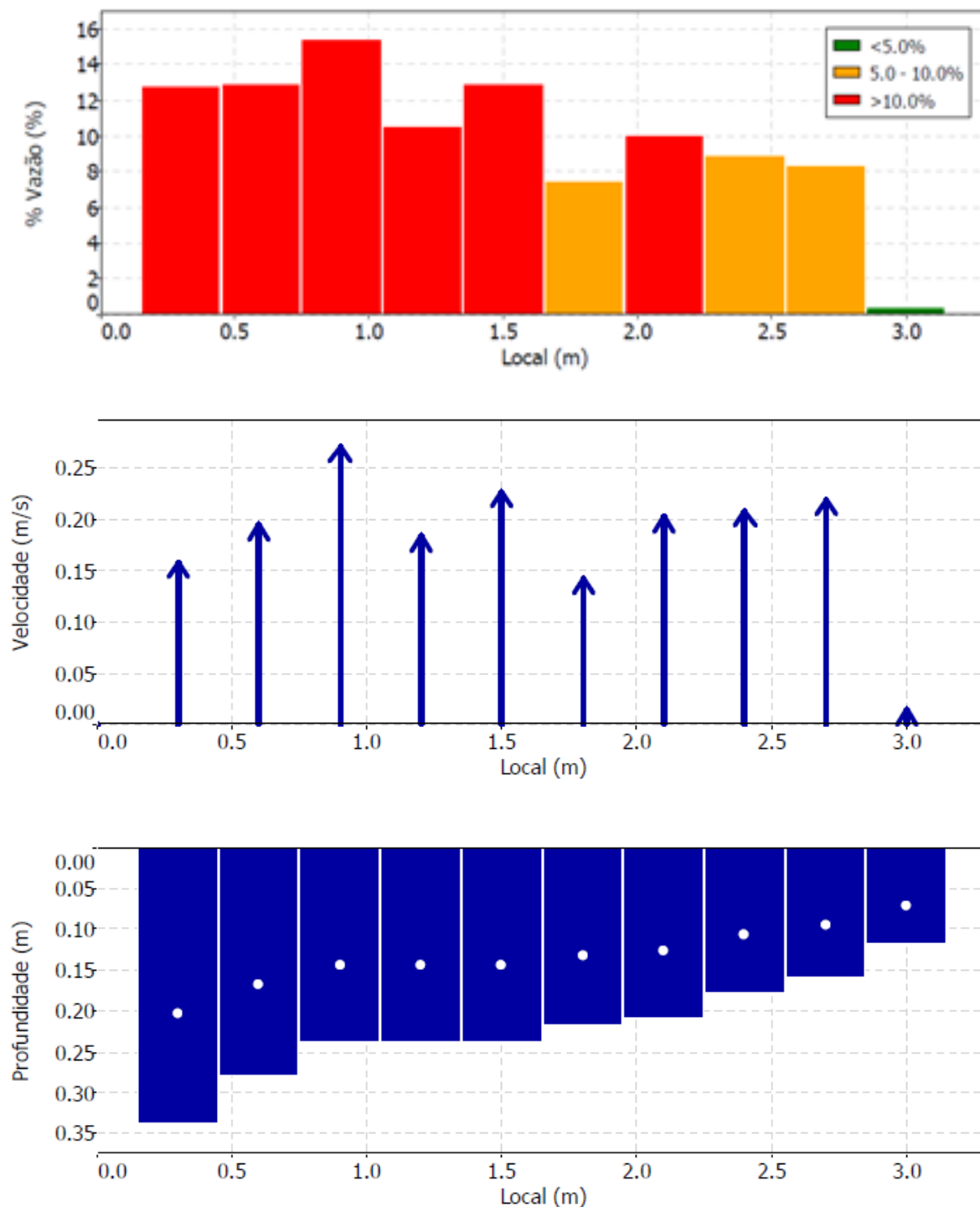
Feito em: Wed Jan 27 2016

### Informação do Arquivo

Nome do Arquivo PAU2.JAN.WAD  
Data e Hora Iniciais 2016/01/22 12:58:04

### Detalhes do Local

Nome do Local  
Operador(es) WALLACE



## 5.5 Monitoramento de sólidos em suspensão ( $C_{ss}$ )

Para coleta dos sedimentos em suspensão foram utilizadas garrafas plásticas de 1L, previamente descontaminadas com enxágue em água destilada.

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Limnologia e Planejamento Ambiental (LimnoLab) do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Espírito Santo, sendo então, filtradas de acordo com metodologia da Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2005).

Para determinação da concentração de sólidos em suspensão ( $C_{ss}$ ) foi realizada a filtração da amostra de água com o uso de uma bomba de vácuo e kit de filtração. A membrana empregada é composta por acetato de celulose (indicado para análises microbiológicas, Marca Unifil) com 47 mm de diâmetro e poro de 0,45µm (limite entre as frações de material particulado e dissolvido) e o volume de água utilizado no processo da filtração correspondeu a 500 ml.

O procedimento consiste na secagem inicial dos filtros, por no mínimo 2 horas, em uma estufa a 60°C de temperatura, a fim de remover umidade, seguido de pesagem em balança analítica (0,1 mg) resultando assim no Peso Inicial ( $P_i$ ). Ao serem retirados da estufa, as membranas são resfriadas em dessecador e, posteriormente foram pesados em balança analítica Scaltec SBC-31, (acurácia de 0,1mg) (Figura 5-6).

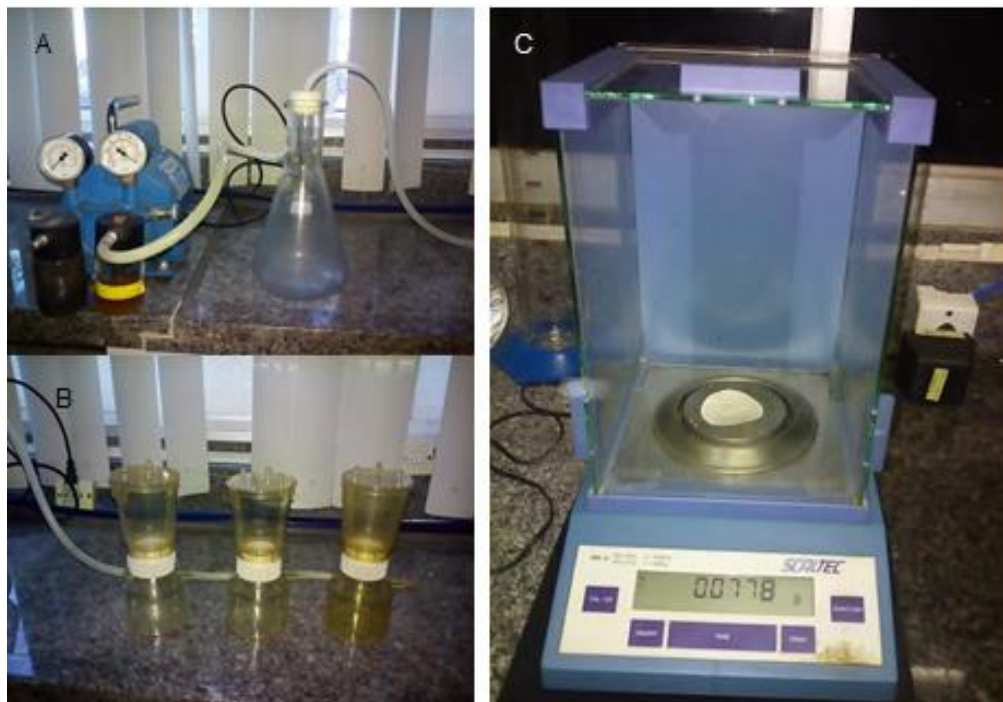
Ao final da filtração, as membranas foram novamente conduzidas para estufa sobre as mesmas condições de temperatura e tempo de secagem (Figura 5-7). Posteriormente a este processo, as membranas foram pesadas, obtendo assim, o peso final com material particulado. A obtenção do excesso foi realizado por meio da diferença entre o peso inicial ( $P_i$ ) e peso final, ( $P_f$ ), determinando-se o SS na unidade mg/L, através da equação:

$$C_{ss} = \frac{(P_f - P_i)}{V} \times 1000$$

equação 5

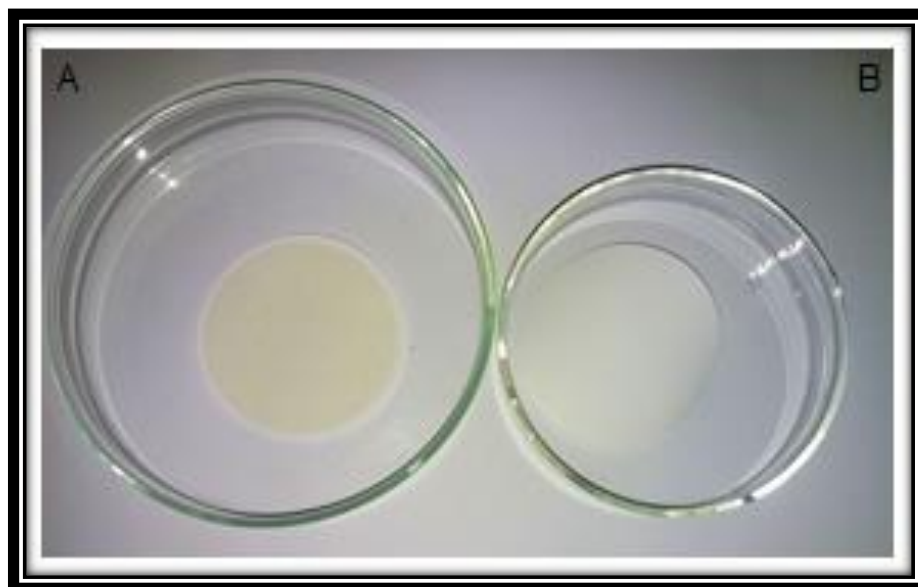
Onde: ( $C_{ss}$ ) é a concentração de sólidos em suspensão (mg/l);  $P_f$  é o peso final (mg);  $P_i$  é o peso inicial (mg);  $V$  é o volume filtrado (litros).

**Figura 5-6 – Equipamentos utilizados para a filtração de água para obtenção de SS dos córregos da Rebio de Duas Bocas.**



**(A) Bomba de vácuo e Kitassato; (B) Kit de Filtração e (C) Balança Analítica. Fotos, do autor.**

**Figura 5-7 – Membrana de acetato de celulose (47mm e poro de 45  $\mu$ m) com material particulado (A) e preparado para utilização (B) após filtração.**



**Fonte: arquivo pessoal**

## 5.6 Distribuição granulométrica do reservatório da Rebio de Duas Bocas

### 5.6.1 COLETA DE SEDIMENTOS

Para a coleta de sedimentos depositados no reservatório de Duas Bocas, inicialmente, elaborou-se um mapa de pontos com equidistâncias de 75m, que se mostrou bastante razoável em termos de locais de coleta, totalizando 51 pontos amostrais. Este processo foi elaborado em gabinete por meio do *software* ArcGis<sup>R</sup>, versão 10.2 (ESRI, 2012) utilizando o sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM).

A escolha pela elaboração do mapa de pontos amostrais, propiciou que pudessem ser obtidos, sedimentos das classes mais variadas possíveis. Dessa forma foram coletados sedimentos em toda a extensão do reservatório, em margens deposicionais, áreas de remansos, além das principais desembocaduras fluviais (Figura 5-8).

Uma vez definidas a localização e o número de estações amostrais, as amostragens foram realizadas em única campanha no dia 27/02/2014 utilizando-se, para isso, barco de alumínio disponibilizado pela Rebio de Duas Bocas, com o uso de receptor do Sistema de Posicionamento Global (GPS) *Garmim*.

A coleta do material de fundo do reservatório foi realizada por meio de um amostrador draga do tipo *Ekman*, que se mostrou muito eficiente para coleta de sedimentos finos, proporcionando também a preservação da interface água-substrato (Figura 5-9). Os sedimentos coletados foram acondicionados em sacos plásticos e identificados com a numeração da estação amostral e levados a laboratório para análise.

Figura 5-8 – Estações para amostragem de sedimentos no reservatório da Rebio de Duas Bocas.

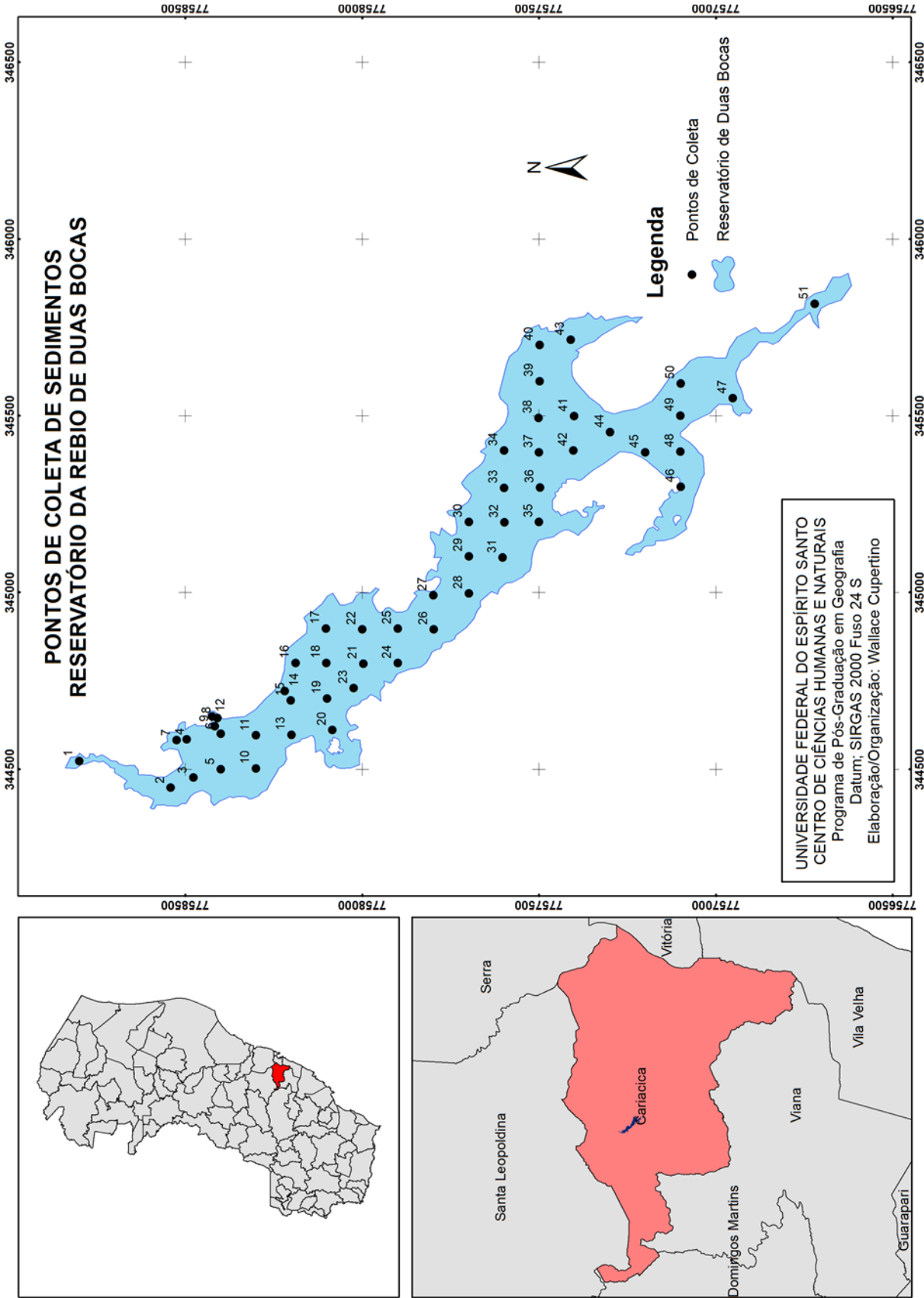




Figura 5-9 – Coleta de sedimentos por meio de amostrador do tipo draga de Ekman.



Fonte: Arquivo pessoal

#### 5.6.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

As amostras foram conduzidas ao Laboratório de Sedimentologia Costeira do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). A análise granulométrica dos sedimentos foi realizada, em duas etapas. Uma fração dos sedimentos, de granulação grossa, através de peneiramento, método descrito em Suguio (1973) com uso da escala de Wentworth (1922). A fração fina foi analisada através da técnica de difração a laser com o equipamento Malvern.

Para estudo e quantificação dos parâmetros granulométricos foram utilizados, como referência, os intervalos compreendidos entre as frações de areia grossa, até as de argila, não sendo utilizadas as frações de areia muito grossa, por não possuírem quantidades relevantes para serem aferidas. Nesse trabalho foi utilizado conceito phi (símbolo  $\Phi$ ), introduzido por Krumbein (1934) que corresponde ao logaritmo negativo de base 2 (dois) do valor da granulometria expressa em milímetros (Tabela 2).



Tabela 2 – Escala granulométrica de Wentworth (1922).

CLASSIFICAÇÃO	Phi ( $\phi$ )	(mm)
Areia muito grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125 a 0,0062
Silte	4 a 8	0,0062 a 0,00394
Argila	8 a 12	0,00394 a 0,0002
CLASSIFICAÇÃO	Phi	(mm)

Em Laboratório as amostras foram lavadas e secas em estufa por 24hs a uma temperatura de 40°C. Do total de 51 amostras, 20 foram separadas de acordo com o tamanho dos grãos para peneiramento (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 19, 20, 23, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46 e 51), com sistemas de malhas padronizadas de abertura considerando que essas amostras, de acordo com escala de Wentworth (1922) pertencem à classe granulométrica compreendida entre areia muito grossa a areia muito fina. Para essas frações foram utilizadas malhas para a quantificação das partículas de diâmetro entre 0,0062 e 2,0 mm (4 a -1 *phi*).

As 31 amostras com frações mais finas (sendo 2, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 47, 48, 49 e 50), foram encaminhadas, considerando o tamanho dos grãos, para análise em laboratório utilizando para isso, o equipamento Malvern que, através da difração a laser mede as distribuições de tamanho das partículas por medição da variação angular na intensidade da luz difundida, à medida que um feixe de laser interage com as partículas dispersas da amostra (LIMA *et al.*, 2001) possuindo, nesse grupo, partículas entre 0,062 e 0,004 mm (4 a 8 *phi*) de diâmetro.

Os dados obtidos pelo método do peneiramento e pela difração a laser foram tratados no *software* Gradistat, v.8.0 (BLOTT; PYE, 2001) que proporciona a divisão granulométrica de cada amostra, evidenciando, a quantidade de areia ou lama existente.

Após esse processo, foi realizada a interpolação dos dados através do programa Surfer© versão 14.0 (Golden Software™ Inc.). O interpolador utilizado no *software* Surfer foi o de curvatura mínima. Tal método gera curvas mais suaves ao mesmo tempo tentando honrar ao máximo os dados, possuem boa convergência de dados, aproximações precisas das derivações, e boa estabilidade na presença de erros de aproximação (EMERY; THOMPSON, 1997; LANDIM, 2000). Feita a interpolação e, através do *software* ArcGis™, versão 10.3(ESRI, 2012) foi desenvolvido o mapa de distribuição granulométrica das frações arenosas e pelíticas (lamosas) do reservatório.

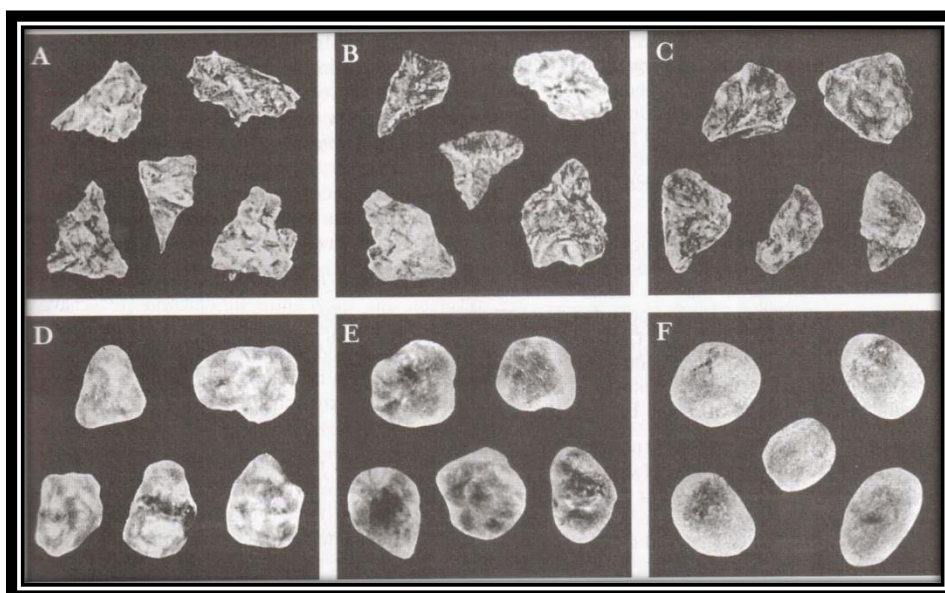
## 5.7 Morfoscopia dos grãos da fração arenosa

### 5.7.1 ANÁLISES TEXTURAIS

A análise morfoscópica das areias objetivou fornecer indícios sobre a participação dos processos de transporte na gênese dos materiais carregados pelos principais córregos do reservatório, tendo em vista o grau de arredondamento dessas partículas e a sua textura superficial. Estas duas variáveis foram verificadas para as subfrações areia média (1,50  $\phi$ ) e areia fina (2,00  $\phi$ ).

A análise foi realizada em 100 grãos de cada subfração arenosa, sendo, essas, oriundas dos pontos amostrais 01, 20, 23, 36, 41, 43 e 51, coletados nas desembocaduras e nas margens ao longo do reservatório. As frações foram selecionadas com auxílio de estereomicroscópio (lupa binocular) e, sob luz refletida e aumento de 40x, comparando visualmente os grãos, utilizando para isso, carta de grau de arredondamento, classificados de acordo com seu grau de arredondamento, conforme Powers (1953) e Shepard (1967) que estabeleceram 6 (seis) classes de arredondamento (Figura 5-10). A textura superficial foi descrita conforme Bigarella *et al.*, (1955). As variáveis classificadas por comparação visual foram analisadas com base na padronização apresentada por Powers (1953) e Shepard (1967).

**Figura 5-10 – Exemplo das seis classes de graus de arredondamento: (A) muito angulosa; (B) angulosa; (C) subangulosa; (D) subarredondada; (E) arredondada e (F) bem arredondada. Adaptado de Shepard (1967).**



Para Suguio (1973), o grau de arredondamento das amostras, expressa numericamente o grau de aproximação da forma de uma partícula tamanho areia, com aquela de esfera perfeita. Segundo o autor, o arredondamento é um bom índice de maturidade do sedimento, sendo que quanto mais arredondados forem os grãos,

maior terá sido seu tempo de transporte. Torna-se importante salientar que o arredondamento também pode se dar por processos químicos *in situ*.

No estudo de Bigarella *et al.*, (1955), encontra-se a descrição da textura superficial dos grãos, sendo estes classificados em polidos ou foscos, conforme o brilho. Para uma partícula fosca, não são apresentadas características de brilho e, por sua vez, partículas polidas apresentam brilho, na maioria das vezes um brilho tipo vítreo característico dos grãos de quartzo (BERTOLINI *et al.*, 2016).

## **5.8 Análise descritiva das variáveis vazão e concentração de sólidos em suspensão**

Em relação à análise descritiva da vazão e  $C_{ss}$ , no que concerne, principalmente, ao cálculo das médias mensais, máximas, mínimas, desvio padrão e do coeficiente de variação (CV), buscou-se compreender a homogeneidade da distribuição das vazões e, da produção de sedimentos nas bacias da Rebio de Duas Bocas.

Para a obtenção dos valores de CVs, segundo Spiegel (1993) é necessário definir primeiramente os valores de desvio padrão (S), que é denominado pelo autor como sendo a raiz quadrada dos desvios, em relação à média, ou ainda, pode ser denominado como o desvio da raiz média quadrática. Com a determinação do desvio padrão determina-se posteriormente o coeficiente de variação ou dispersão.

Para determinar a relação entre os dados de vazão e  $C_{ss}$  foi realizado o teste de coeficiente de correlação ( $R^2$ ). Esse é um índice adimensional com valores situados entre -1,0 e 1,0 inclusive, que reflete a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados. De acordo com Lira e Chaves Neto (2006) diferentes formas de correlação podem existir entre as variáveis. O caso mais simples e mais conhecido é a correlação simples, envolvendo duas variáveis, X e Y. A relação entre duas variáveis será linear quando o valor de uma pode ser obtido aproximadamente por meio da equação da reta.

## **5.9 Cálculo das descargas sólidas anuais em suspensão**

Por meio dos dados de vazão líquida Q ( $m^3/s$ ), concentração de sedimentos em suspensão,  $C_{ss}$  (mg/L) e utilização da equação que correlaciona descarga líquida (Q) e descarga sólida ( $C_{ss}$ ), foi obtido o valor de descarga sólida anual ( $kg.km^{-2}.ano^{-1}$ ) para cada bacia hidrográfica da Rebio de Duas Bocas.

Para isso, através da metodologia apresentada por Carvalho *et al.*, (2000), Foi utilizada a seguinte equação.

$$C_{DIA} = C \cdot Q \cdot 86400$$

equação 6

onde,

$C_{dia}$  = carga ou fluxo ( $g \cdot dia^{-1}$ )

$C_{ss}$  = concentração ( $g \cdot m^3$ )

$Q$  = descarga instantânea ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )

86.400 = o número de segundos por dia

Para obter valores que correspondem a quantidade anual de  $C_{ss}$ , houve a necessidade de modificar a equação. A concentração de sedimentos foi multiplicada pela descarga específica de cada estação amostral e por 86.400  $s \cdot dia^{-1}$ . Em seguida para obter a concentração de sedimentos referentes à 365 dias para média anual, os valores foram convertidos para  $kg \cdot ano^{-1}$  e  $kg \cdot mês^{-1}$ .

$$C_{ss}/anual = C \cdot Q \cdot 86400 \cdot 365$$

equação 7

Onde,

$C_{ss}/anual$  = carga ou fluxo ( $g \cdot ano^{-1}$ )

$C$  = concentração ( $g \cdot m^3$ )

$Q$  = descarga instantânea ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )

Após a determinação da concentração de sedimentos anual para cada bacia hidrográfica, os valores foram divididos pela área de drenagem de contribuição de cada bacia, onde, obteve-se valores em unidade de  $kg \cdot km^2 \cdot ano^{-1}$ .

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão expostos os resultados e discussão obtidos na pesquisa. Os resultados apresentados são referentes aos parâmetros morfométricos; monitoramento pluviométrico, variabilidade de vazão, sólidos em suspensão; distribuição granulométrica no reservatório da Rebio de Duas Bocas e morfoscopia dos grãos da fração arenosa.

### 6.1 Parâmetros morfométricos

Os resultados da morfometria das bacias da Rebio de Duas Bocas são apresentados na Tabela 3, perfazendo um total de 17 parâmetros.

**Tabela 3: Características morfométricas das bacias hidrográficas da Rebio de Duas Bocas**

<b>Parâmetros morfométricos</b>	<b>Naiá assú</b>	<b>Panelas</b>	<b>Pau amarelo</b>
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	4,3	5	14,7
Perímetro (Km)	12,2	11,4	21,8
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,6	1,4	1,5
Comprimento do eixo da bacia (Km)	4,1	3,8	1,5
Índice de sinuosidade	1,1	1,1	1,2
Fator de forma (F)	0,2	0,3	0,4
Índice de circularidade (Ic)	0,3	0,4	0,3
Declividade média	42,9	46,8	43,4
Declividade máxima	114,3	163,9	255,1
Elevação mínima (m)	190,7	190,7	190,7
Elevação média (m)	483,3	476,5	465,2
Elevação máxima (m)	799	799,1	800
Comprimento total dos canais (Km)	10,7	9,8	35
Comprimento do canal principal (Km)	4,8	4,4	6,8
Hierarquização da bacia	3	3	5
Densidade de drenagem (Db)	2,4	1,9	2,3
Contagem de rios (primeira ordem)	8	6	30
Densidade de rios (Dr)	1,8	1,2	2

#### 6.1.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Em relação às áreas (A) das bacias, a do Pau Amarelo apresentou o maior valor, com 14,7 km<sup>2</sup>, seguida de Panelas e Naiá-Assú, respectivamente, 5 km<sup>2</sup> e 4,3 km<sup>2</sup>. Observa-se que as áreas de Panelas e Naiá-Assú possuem dimensões similares, tendo como diferença cerca de 0,7 km<sup>2</sup> e, que a bacia do Pau Amarelo é aproximadamente 3 vezes maior que as áreas (A) de Panelas e Naiá-Assú. Em relação ao perímetro das bacias pode-se destacar a bacia do Pau Amarelo com 21,8 km, sendo, Naiá-Assú com 12,2 km e Panelas com 11,4 km.

Segundo Villela e Mattos (1975) a forma de uma bacia hidrográfica é determinada por índices que se relacionam com formas geométricas conhecidas como o índice de circularidade (IC), coeficiente de compacidade (Kc) fator de forma (F).

Os valores do fator de forma (F) se apresentaram respectivamente iguais à 0,2, 0,3 e 0,4 para, Naiá-Assú, Pannels e Pau Amarelo, ou seja, próximo a 0, sendo assim, pode-se classificá-las como uma rede de drenagem de formato mais alongado, já que, valores próximos a 1 indicam bacias com formatos mais circulares. De acordo com Granell-Pérez (2001) em bacias com formato mais alongado, o escoamento tende a ser mais bem distribuído temporalmente no canal principal, o que diminui o risco de enchentes, embora a vazão elevada seja mais durável.

A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a saída de descarga hídrica após uma precipitação.

Os valores do Índice de circularidade (IC) para as bacias foram de 0,3, 0,4 e 0,3 para Naiá-Assú, Pannels e Pau Amarelo, respectivamente. O (IC) tende para unidade à medida que a bacia aproxima-se da forma circular e diminui, à medida que a forma se torna alongada, caracterizando as formas das bacias como estreitas e alongadas. Esses valores corroboram com os estudos de Schumm (1956), onde, valores até 0,51 representam valores de escoamento de baixo a moderado, com pequena contribuição para a concentração de águas, favorecendo o escoamento superficial. Os valores maiores que 0,51 até a unidade expressam níveis moderados a elevados para suscetibilidade de inundação.

Os valores detectados para o (Ic) também estão em concordância com os coeficientes de compacidade (Kc) registrados, que foram de 1,6, 1,4 e 1,5 onde, em relação a esse parâmetro, um coeficiente mínimo igual a uma unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a um. Valor próximo ao encontrado para as bacias da Rebio de Duas Bocas entre 1,4 a 1,6, foi obtido por Andrade *et al.*, (2008) na caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do Rio Manso - MT, sendo igual a 1,43. Segundo esses autores, os valores encontrados indicam menor propensão a enchente quando comparado a uma bacia circular (coeficiente de compacidade igual a 1).

Comparando os dados da tabela 4, observa-se que em todas as bacias, o comprimento do canal principal (Lp) de valores, 4,8, 4,4 e 6,8 km para, Naiá-Assú, Pannels e Pau Amarelo, foram ligeiramente maiores do que o comprimento do eixo da bacia (L), respectivamente, 4,1, 3,8 e 5,6 km. Isso se deve ao índice sinuosidade (Is) desses canais principais, sendo que, em relação a esse parâmetro, quanto maior o valor de (Is), mais sinuoso será o canal fluvial.

Para o índice de sinuosidade (Is) valores próximos a 1 indicam que o canal tende a ser retilíneo, já os valores superiores a 2 sugerem canais sinuosos, e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Os respectivos valores das bacias Naiá-Assú, Panelas e Pau Amarelo foram 1,1, 1,2 e 1,1 km demonstrando tendência a um padrão mais retilíneo e regular de seus canais. Segundo Lana *et al.* (2001), o índice de sinuosidade (Is) é influenciado pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais. Dessa forma e, segundo Antoneli e Thomaz (2007), esse tipo de canal retilíneo favorece um maior transporte de sedimento. Almeida *et al.*, (2013) destaca que, em canais sinuosos pode haver um maior acúmulo de sedimentos.

#### 6.1.2 CARACTERÍSTICAS DO RELEVO

Em relação aos valores obtidos de declividade, a bacia do córrego Naiá-Assú apresentou declividade média de 42,9%, valor correspondente à classe de relevo fortemente ondulado (20-45%) (EMBRAPA, 1999) com 53% de área. A bacia do córrego Pau Amarelo obteve média de 43,4% (relevo fortemente ondulado) com 42% de área e, para a bacia do córrego Panelas, o valor obtido de média foi 46,8% (relevo montanhoso) com 44% de área.

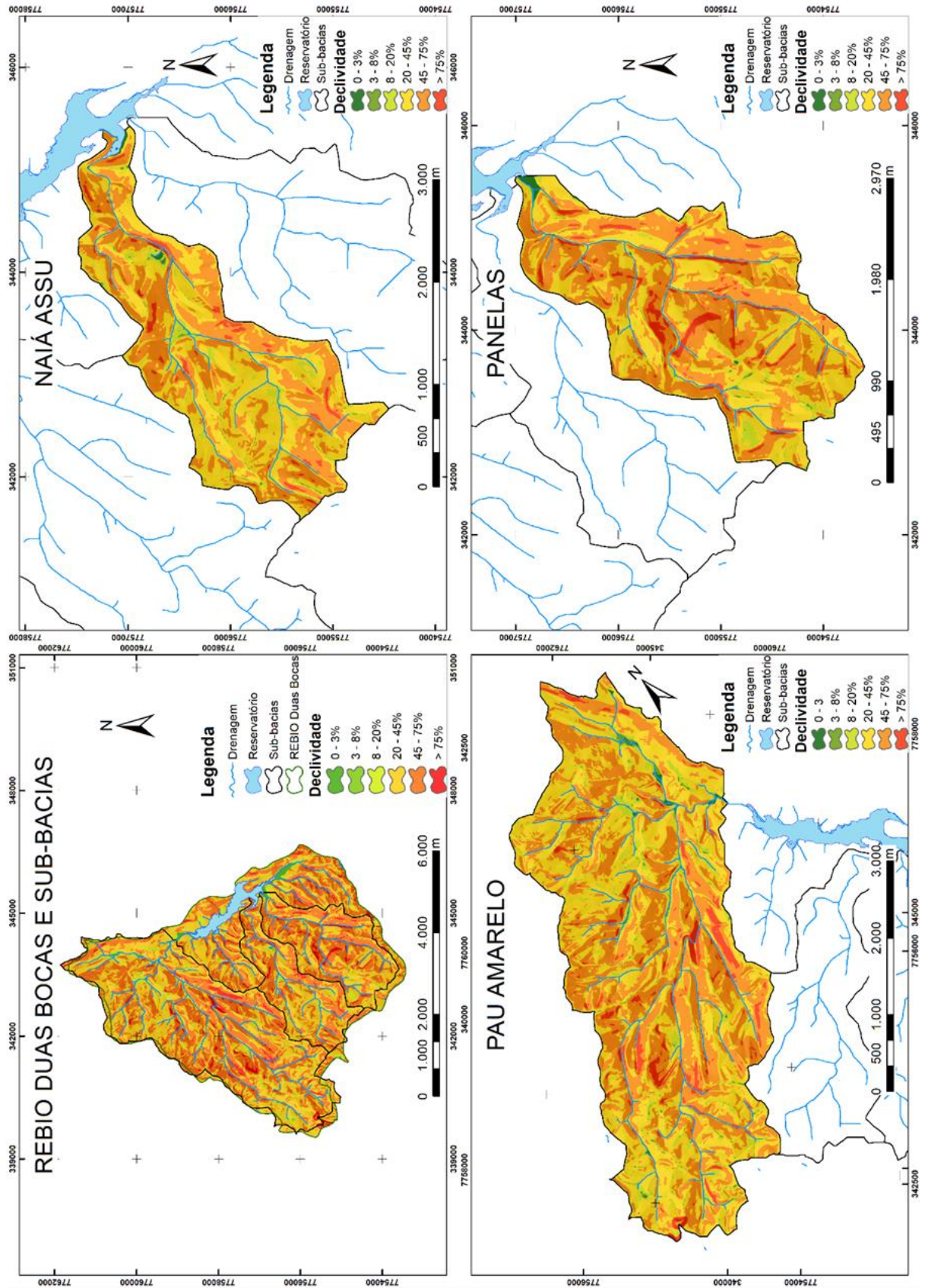
A análise de dados referentes à declividade (Figura 6-1) demonstrou que, em geral as características das bacias pertencentes à Rebio de Duas Bocas se revelaram com um relevo bastante acidentado, variando entre relevo fortemente ondulado (Naiá-Assú e Pau Amarelo) a montanhoso (Panelas). De acordo com Villela e Mattos (1975), a declividade relaciona-se com a velocidade em que se dá o escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais, que constituem a rede de drenagem das bacias. Dessa forma espera-se que em relação às bacias, a do córrego Panelas tenha maior escoamento superficial e, que o tempo de concentração na bacia seja menor, sob as mesmas condições de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, por exemplo e, por se tratar de uma área mais declivosa, indicando maior predisposição à degradação.

Valores semelhantes aos encontrados nas bacias da Rebio de Duas Bocas foram obtidos por Coutinho *et al.*, (2011) que, com objetivo de caracterizar a morfometria da bacia hidrográfica do Rio da Prata em Castelo – ES, obteve a declividade entre 20% e 45% de inclinação (49,23 km<sup>2</sup>), o que, conforme EMBRAPA (1999), caracteriza um relevo do tipo fortemente ondulado. Tais características favorecem o processo de erosão e sedimentação dos canais dessa bacia. De acordo com o estudo dos autores, o relevo exerce influência no perfil do solo, nas relações de precipitação e deflúvio devido à velocidade do escoamento superficial e, na redução das taxas de infiltração (COUTINHO *et al.*, 2011).

Cardoso *et al.*, (2006) apresentaram informações quantitativas associadas à declividade do terreno da bacia do rio Debossan em Nova Friburgo, RJ. Obseraram que a maior parte do relevo encontrado correspondeu à classe de relevo montanhoso, com 47,61%. No que tange à produção de sedimento do rio Debossan, essa alta declividade pode ser compensada pela boa cobertura vegetal, o que pode minimizar os processos erosivos.



Figura 6-1 – Classes de declividades das bacias da Rebio de Duas Bocas.



Em relação às altitudes das bacias hidrográficas, temos como valores mínimos nas três bacias da Rebio de Duas Bocas 190,7m e valores máximos entre 799m e 800m. Além disso, pode-se destacar conforme a Figura 6-2 que as áreas de maior altitude se encontram nas extremidades dos limites da Rebio de Duas Bocas decrescendo seus valores à medida que interiorizam em direção ao reservatório, que é o local que possui a menor altitude.

Utilizando para efeito de análise, a maior altitude (Pau Amarelo), temos uma amplitude altimétrica de 609,3m. Esta amplitude tem relação com o índice de concentração de rugosidade (dissecação do relevo) onde, podemos observar na Figura 6-3 que as bacias que compõem a Rebio de Duas Bocas, possuem uma forte dissecação, principalmente, nas regiões mais centrais da bacia do Pau Amarelo e, também, da bacia de Panelas.

Quanto maior for o índice de rugosidade, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas. Dessa forma, o mapa demonstra a existência de vertentes mais íngremes nessas regiões e, conseqüentemente mais propensas à produção de sedimentos. Elevados valores de rugosidade indicam acentuado escoamento superficial e também ocorrências erosivas (SAMPAIO; AUGUSTIN, 2014; ALVES *et al.*, 2015). Tal constatação assevera os valores encontrados nas formas geométricas, que constataram que as bacias possuem um formato mais alongado, o que pode propiciar às bacias da Rebio de Duas Bocas um maior incremento no escoamento superficial, facilidade de transporte e pouca predisposição a enchentes.

Figura 6-2 Altitude das bacias da Rebio de Duas Bocas

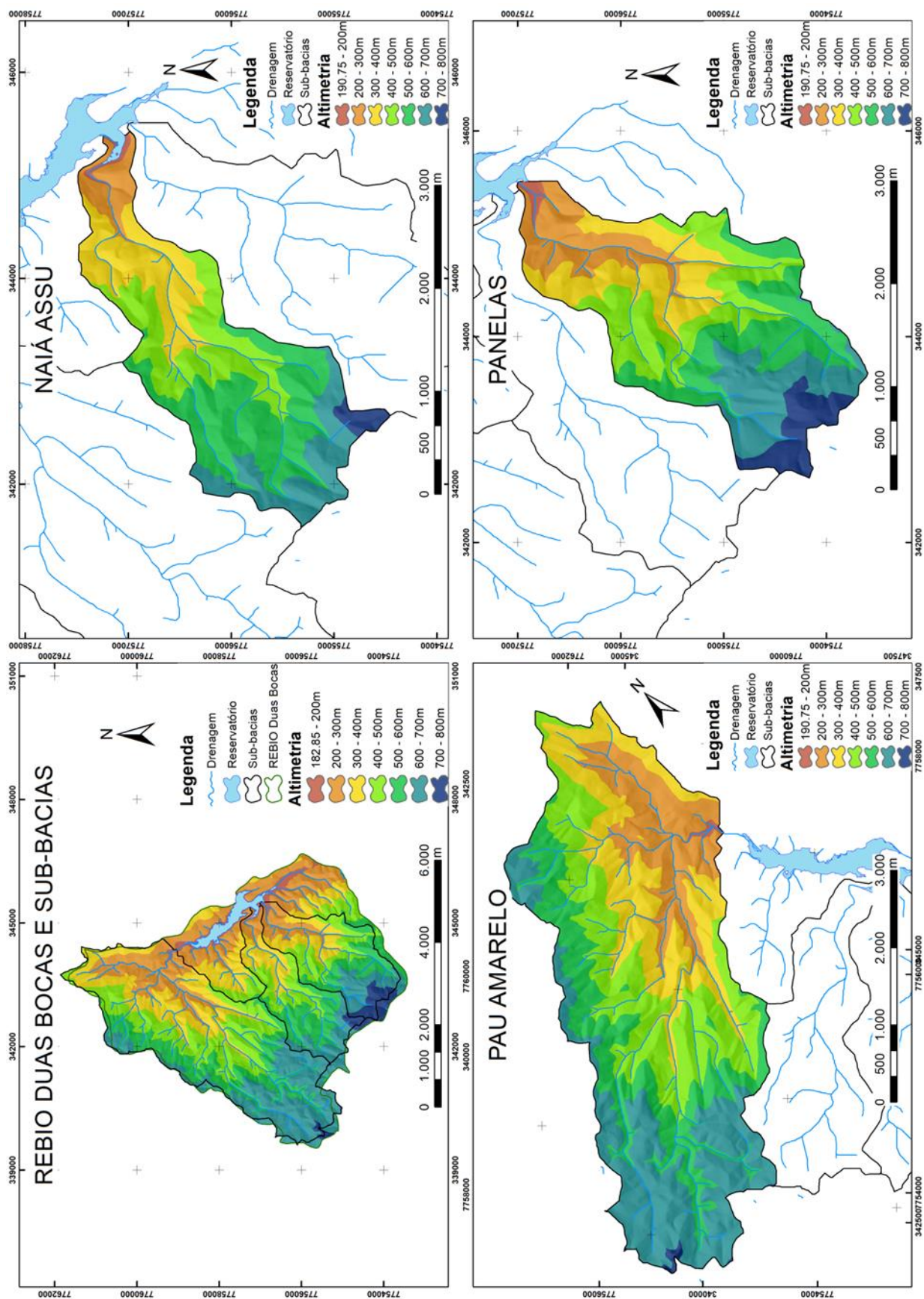
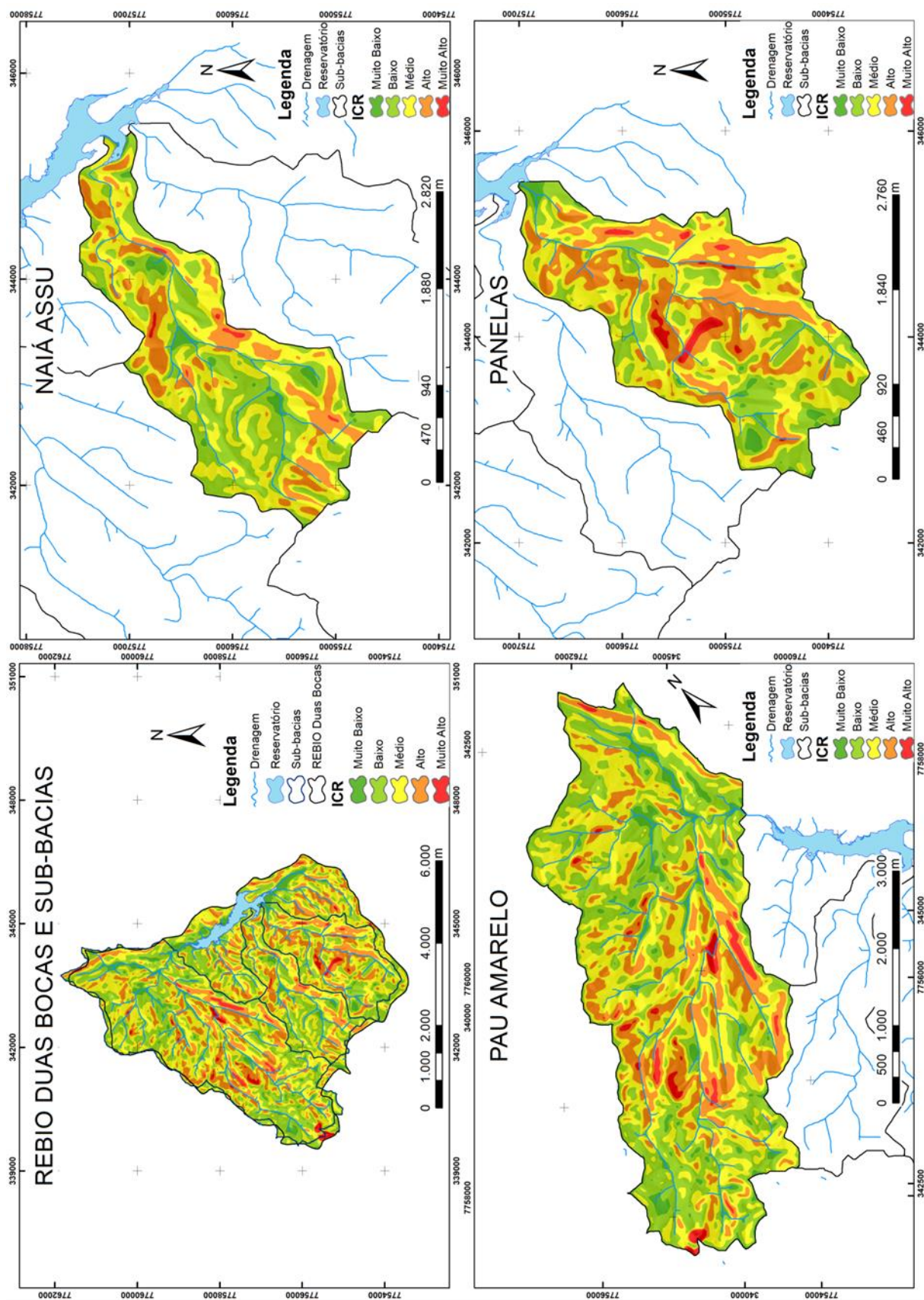




Figura 6-3 – Índice de rugosidade das bacias da Rebio de Duas Bocas



### 6.1.3 CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM

A densidade de rios ( $D_r$ ) relaciona o número de canais com a área total da bacia (STRAHLER, 1957), ou seja, indica o número de canais existentes a cada quilômetro quadrado. Observa-se na tabela 04 que os valores variaram entre as bacias analisadas, merecendo destaque a bacia do Pau Amarelo com cerca de 4,3 canais/km<sup>2</sup> tendo ainda 3,2 canais/km<sup>2</sup> para Naiá-Assú e 3,6 canais/km<sup>2</sup> em Panelas, indicando assim, que a bacia do Pau Amarelo possui maior capacidade de gerar novos canais em relação as demais bacias avaliadas.

Em relação à densidade de drenagem ( $D_d$ ), que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, sugere a eficiência da drenagem da bacia. É expressa pela razão entre o somatório do comprimento de todos os canais da rede, sejam eles, perenes, intermitentes ou temporários e, a área total da bacia (CARDOSO *et al.*, 2006).

Pode-se destacar que em termos gerais, as bacias da Rebio de Duas Bocas possuem valores aproximados de densidade de drenagem, sendo que a bacia hidrográfica do córrego Naiá-Assú possui uma ( $D_d$ ) de 2,7 km/km<sup>2</sup>, seguida por Pau Amarelo com 2,5 km/km<sup>2</sup> e Panelas com 2,3 km/km<sup>2</sup>. De acordo com Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km<sup>2</sup>, em bacias com baixa drenagem, a 3,5 km/km<sup>2</sup> a mais, nas bacias excepcionalmente bem drenadas. Os valores de ( $D_d$ ) encontrados demonstraram que as bacias hidrográficas em estudo possuem média capacidade de drenagem. Lana *et al.* (2001), afirmam que se o índice de densidade de drenagem ( $D_d$ ) estiver acima de 2 canais por km<sup>2</sup>, a bacia teria grande capacidade de gerar novos cursos d'água, o que pode ser indicador de que as bacias em estudo, apresentam boa capacidade de drenagem.

Para a relação do comprimento total de canais km e, o comprimento do canal principal, destaque para a bacia do Pau Amarelo com 38,5 km e 6,8 km, respectivamente. Os canais principais das bacias dos córregos Naiá-Assú e Panelas são 4,8 e 4,4 km, respectivamente, enquanto que o comprimento total de canais de Naiá-Assú e Panelas são de 11,9 e 12,5 km. Tais parâmetros corroboram para uma maior dissecação do relevo de Pau Amarelo, em relação às outras bacias do estudo, o que pode proporcionar um acréscimo nas taxas de produção de sedimentos dessa bacia.

De acordo com Tucci (2001), a ordem dos cursos d'água reflete o grau de ramificação do sistema de drenagem da bacia. Ficou constatado nas análises da classificação da hierarquia (ordem) dos cursos d'água, na escala de 1:10.000, que a bacia do córrego Pau Amarelo é 5º ordem, enquanto Naiá-Assú e Panelas, são classificadas como de 3º ordem. Desta forma torna-se importante salientar que, a maior hierarquia no Pau amarelo indica um maior potencial para erosão,

principalmente aqueles canais associados à primeira ordem fluvial e segunda ordem, que estão em áreas mais íngremes (Figura 6-4).

Quando se comparam os valores obtidos da bacia do córrego Pau Amarelo e Naiá-Assú com os que foram obtidos por Perrone (1995) e Marchioro (1996), constata-se que a hierarquia obtida pelos últimos autores citados para a bacia do córrego Pau Amarelo foi de 4º ordem e, Naiá-Assú de 2º ordem. Tal variação provavelmente está associada à escala e método de análise, equidistâncias de curvas de nível, limites das áreas de contribuição e do reservatório.

A questão da escala influenciando a hierarquia fluvial foi salientado por Amorin (2014), quando comparou o seu efeito sobre os parâmetros morfométricos para a bacia do rio Duas Bocas, indicando que para a escala de 1:25.000, a bacia apresentou 5º ordem, em relação a 3º e 2º ordem respectivamente, para às escalas de 1:50.000 e 1:100.000. Tal variação, segundo o autor, deve-se ao maior detalhamento obtido na escala de 1:25.000 em relação as demais.

Em relação ao número de nascentes, destaca-se o do Pau Amarelo com um total de 63 nascentes, Panelas possuindo 18 e Naiá-Assú 14. Para a bacia do Pau Amarelo, tais valores estão de acordo com a maior capacidade de produção de canais (Dr) da bacia e do processo de retrabalhamento das encostas.

Através do mapa das áreas de contribuição (**Figura 6-5**) é possível identificar os locais preferenciais de migração e acúmulo de matéria através da superfície (sobretudo água), proporcionados pela gravidade, pois, a visualização do mapa permite uma melhor descrição dos divisores de água e dos canais de drenagem.

As classes de contribuição predominantes foram de (30-45 m<sup>2</sup>). Essa classe está situada nos terços médios as inferiores da encosta, onde a saturação do solo tende a aumentar sistematicamente. As bacias apresentaram 46,1%, 46,6% e 42,8% de área, dessa classe de contribuição, respectivamente, Pau Amarelo, Naiá-Assú e Panelas.

A análise do mapa das áreas de contribuição possibilita observar que, os locais preferenciais de fluxo estão bem distribuídos pela Rebio de Duas Bocas, além disso, podem auxiliar na definição mais precisa das áreas de instabilidade, sobretudo nas porções côncavas do relevo.



Figura 6-4 – Hierarquização das bacias da Rebio de Duas Bocas

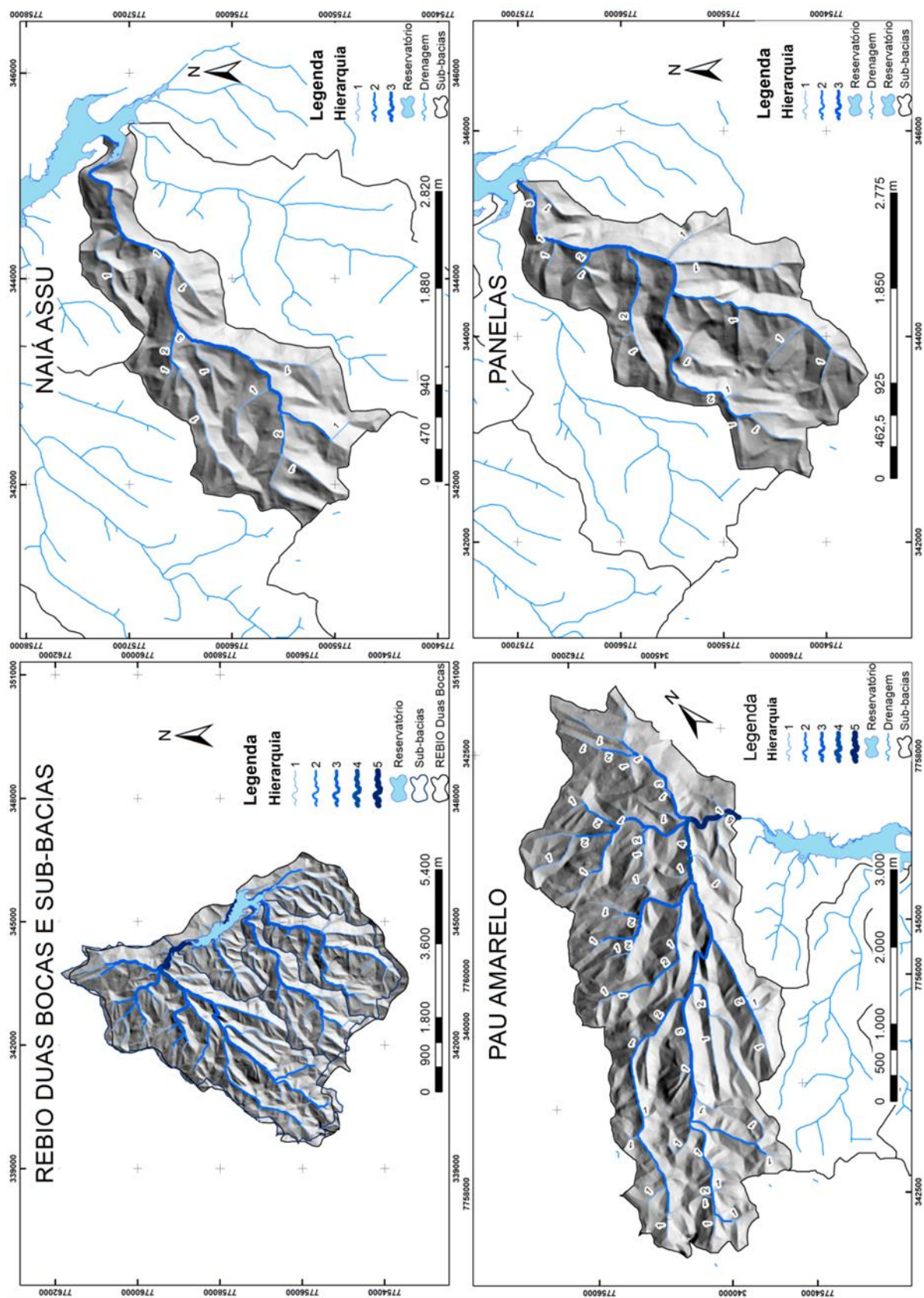
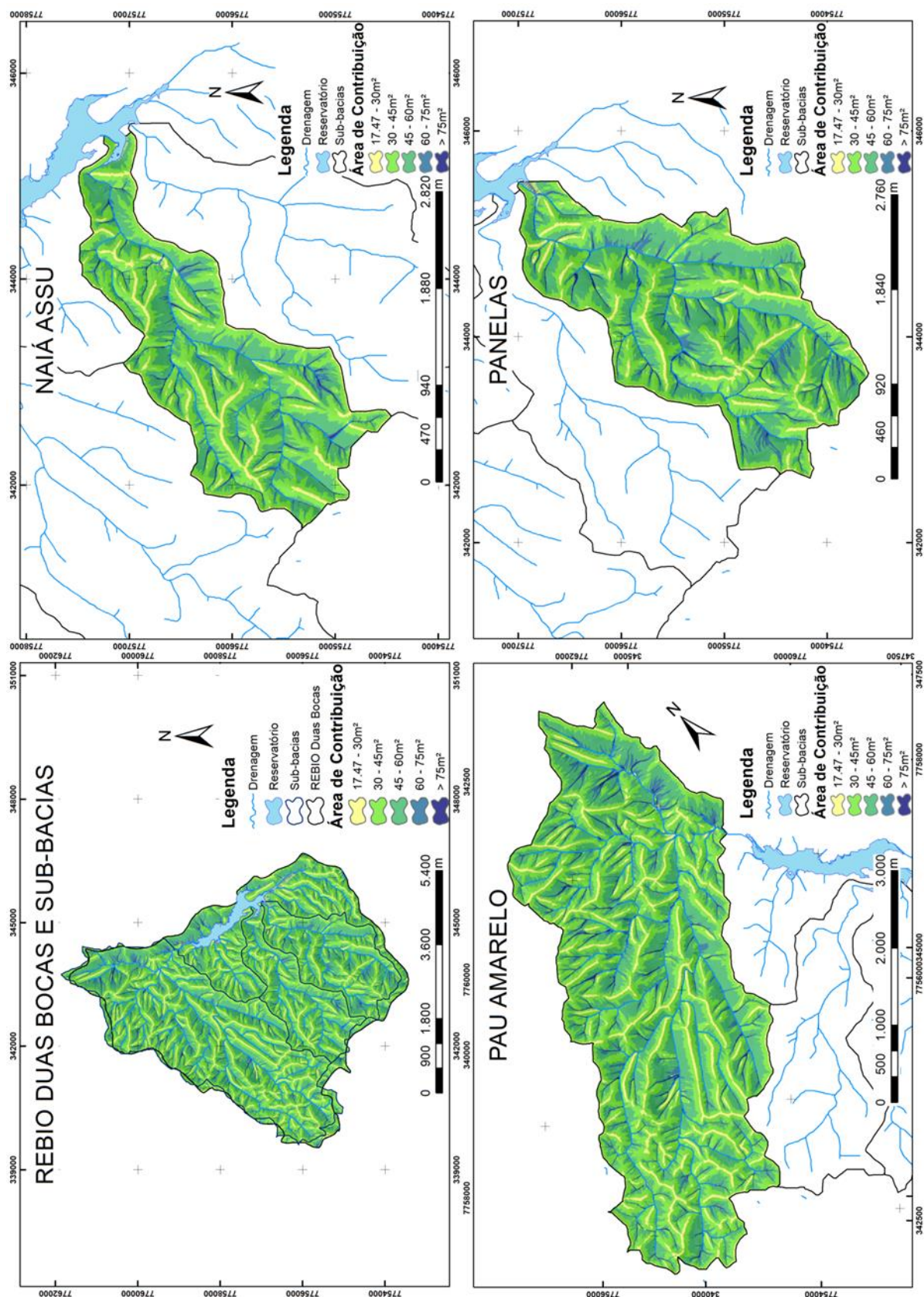


Figura 6-5 – Área de contribuição da Rebio de Duas Bocas



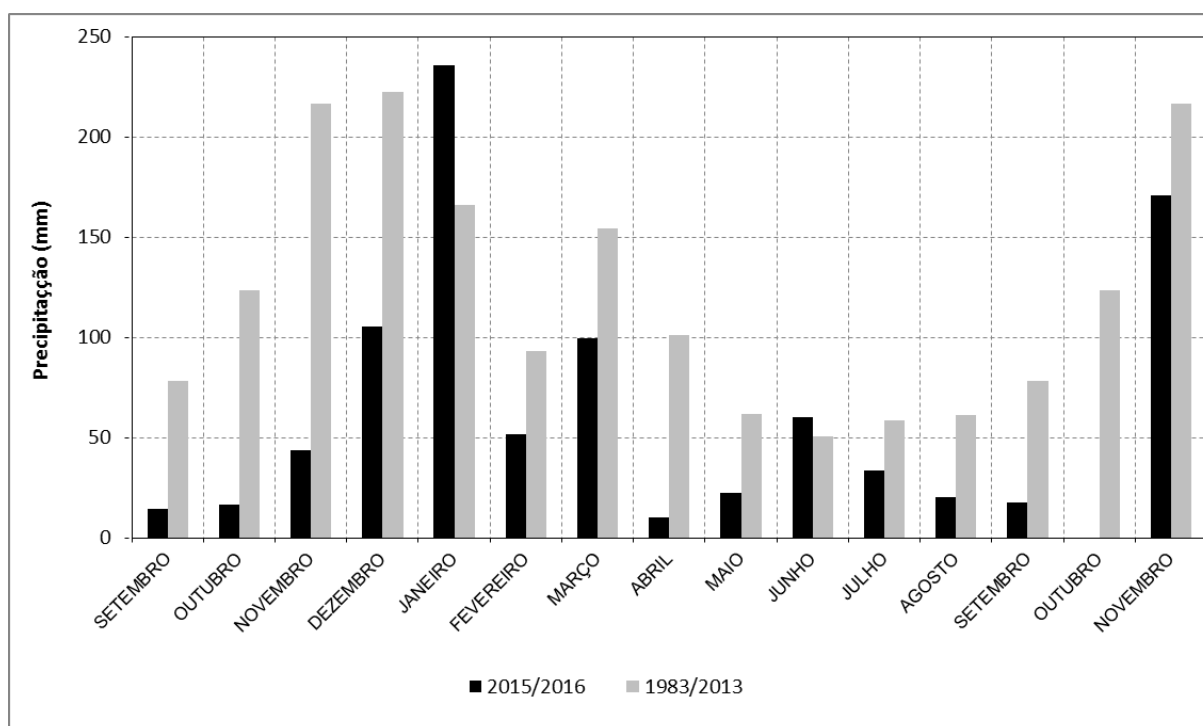


## 6.2 Monitoramento pluviométrico.

Os dados pluviométricos utilizados neste estudo foram obtidos da estação pluviométrica instalada nas margens do reservatório da Rebio de Duas Bocas no período de setembro de 2015 a novembro de 2016 discretizados em intervalos de 5 minutos. Este fato ocorreu, pois a estação instalada na porção mais elevada da Rebio de Duas Bocas, denominada alto do Alegre, apresentou inconsistência de dados devido a problemas técnicos.

A menor precipitação mensal medida no período de estudo foi de 10,6 mm, registrado no mês de abril de 2016 e, a maior precipitação mensal registrada no período foi de 235,79 mm no mês de janeiro de 2016 (Figura 6-6).

**Figura 6-6 – comparação entre pluviosidade do período de estudo (2015/2016) com a normal climatológica adquirida por Bastos *et al.*, (2015) para os anos de (1983/2013)**



Esses dados revelam similaridade com os valores obtidos no total pluviométrico mensal da normal climatológica entres os anos (1983 – 2013) (BASTOS *et al.*, 2015). Os resultados indicaram nos meses compreendidos entre abril e setembro, como sendo os períodos com as menores médias pluviométricas, com valores inferiores a 100 mm, enquanto que, os períodos com maiores médias estão abrangidos entre os meses de novembro a março.

Em relação à pluviosidade média anual obtida por meio da interpolação de dados de estações vizinhas à Rebio de duas bocas, Bastos *et al.*, (2015) através da normal climatológica, obteve valores que variaram entre 1.457,00 a 1.656,00 mm. No período de coleta de dados, a pluviosidade acumulada anual foi de 904,57 mm, o

que pode indicar um ano com desvio negativo de precipitação e/ou resultante de problemas nos sistemas de monitoramento (Figura 6-6).

### 6.3 Variabilidade da vazão

A **Tabela 4** apresenta os valores de vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) obtidos em campo, onde, na bacia do Pau Amarelo foram encontrados nas datas de 22/01/16 e 28/06/16, com 0,126 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) as maiores vazões. Para o córrego Naiá-Assú foram encontrados os maiores valores de vazão nas datas de 28/06/16 com 0,047( $\text{m}^3/\text{s}$ ) e 28/11/16 com 0,036 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) e, para o córrego Pannels os valores dos maiores picos de vazão foram nas coletas de 27/11/2015 e 22/01/16 com 0,034 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) e 0,043 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), respectivamente (Tabela 6).

Os menores valores de vazão encontrados no Pau Amarelo ocorreram nas coletas do mês de setembro de 2016, com valores de vazão entre 0,08 $\text{m}^3/\text{s}$  e 0,09 $\text{m}^3/\text{s}$ . Já as menores vazões do Naia-Assú foram verificadas nos meses de setembro de 2015 e 2016, com valores de 0,001  $\text{m}^3/\text{s}$  e 0,002  $\text{m}^3/\text{s}$ , respectivamente e, no córrego Pannels no mês de abril de 2016, com vazão de 0,003  $\text{m}^3/\text{s}$ . Salienta-se ainda que no córrego Pannels não foi possível realizar as medições de vazão (NHC) no ponto de monitoramento para o período entre junho e novembro de 2016 e, para o córrego Naiá-Assú também entre abril e maio de 2016, devido à falta de acessibilidade ao local, consequência da mínima coluna de água junto ao leito e ao reservatório, associado a distribuição pluviométrica.

O maior valor médio de vazão foi verificado na bacia do córrego Pau amarelo com  $0,034 \pm 0,035 \text{ m}^3/\text{s}$ . Com relação a Pannels e Naiá-Assú, os valores médios de vazão foram respectivamente de  $0,014 \pm 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$ , com desvio padrão de 0,01  $\text{m}^3/\text{s}$  em ambos. Verifica-se que de maneira geral, a vazão média do Pau Amarelo é duas vezes superior que os demais córregos analisados. Já os valores de desvio padrão, indicam também que a bacia do córrego Pau Amarelo possui a maior variabilidade temporal de vazão dentre as bacias estudadas.

Tabela 4 - Vazões (m<sup>3</sup>/s) para os pontos de monitoramento durante o período de estudo

Dia Coleta	Mês Coleta	Ano	Vazão [m <sup>3</sup> /s]		
			Naia-Assu	Panelas	Pau-Amarelo
1	SETEMBRO	2015	0,002	0,004	0,013
17	SETEMBRO	2015	0,013	0,013	0,038
8	OUTUBRO	2015	0,006	0,006	0,017
23	OUTUBRO	2015	0,018	0,011	0,044
12	NOVEMBRO	2015	0,006	0,007	0,022
27	NOVEMBRO	2015	0,009	0,034	0,027
22	DEZEMBRO	2015	0,006	<b>NHC*</b>	<b>NHC*</b>
6	JANEIRO	2016	0,006	0,007	0,014
22	JANEIRO	2016	0,020	0,043	0,126
4	FEVEREIRO	2016	0,022	0,039	0,083
19	FEVEREIRO	2016	0,018	0,029	0,049
11	MARÇO	2016	0,015	0,008	0,025
29	MARÇO	2016	0,012	0,005	0,027
13	ABRIL	2016	0,005	0,005	0,020
25	ABRIL	2016	<b>NHC</b>	0,003	0,012
2	MAIO	2016	<b>NHC</b>	0,003	0,012
20	MAIO	2016	<b>NHC</b>	0,004	0,015
10	JUNHO	2016	0,018	<b>NHC</b>	0,018
28	JUNHO	2016	0,047	<b>NHC</b>	0,126
29	JULHO	2016	0,004	<b>NHC</b>	0,013
16	AGOSTO	2016	0,010	<b>NHC</b>	0,014
8	SETEMBRO	2016	0,004	<b>NHC</b>	0,008
20	SETEMBRO	2016	0,001	<b>NHC</b>	0,009
18	OUTUBRO	2016	0,005	<b>NHC</b>	0,012
28	NOVEMBRO	2016	0,036	<b>NHC</b>	0,085

**NHC\*- dados corrompidos ao transferir do *flow tracker* para o computador**

O coeficiente de variação (CV) em relação à média das vazões obtidas de Pau Amarelo, Naiá-Assú e Panelas são demonstrados através da Tabela 5. Entende-se por coeficiente de variação uma medida de dispersão que visa à comparação de distribuições diferentes. Pode-se inferir que as maiores dispersões médias gerais entre os registros quinzenais ocorreram nas bacias dos córregos Panelas, com valores percentuais de CVs de 102,3% e Pau Amarelo, com 101,5%, demonstrando assim, que nessas duas bacias houve maior variabilidade dos dados. Com o valor de 87,4%, Naiá-Assú apresentou a menor variabilidade dos dados medidos ao longo do período de estudo, demonstrando assim, dados mais homogêneos em relação à vazão.

Tabela 5- Parâmetros estatísticos de vazão (m<sup>3</sup>/s)

Bacias	Vazão (m <sup>3</sup> /s)				
	Máxima	Mínima	Média	Desvio Padrão	CV (%)
Pau-Amarelo	0,126	0,008	0,034	0,035	101,5
Naiá-Assú	0,047	0,001	0,013	0,011	87,4
Panelas	0,043	0,003	0,014	0,014	102,3

As maiores vazões encontradas na bacia do córrego Pau Amarelo em relação aos demais, possivelmente, estão associados aos efeitos da área de contribuição de sua bacia, bem como, aos valores encontrados dos parâmetros morfométricos de hierarquia fluvial, número de nascente, densidade de rios, comprimento total do canal principal e total de canais. Estes parâmetros permitem que a bacia do córrego Pau Amarelo, tenha maior convergência de volume de água junto ao exutório do canal fluvial, em contato com o reservatório.

Ao analisar os dados de vazão encontrados nesse trabalho com os obtidos para o córrego Pau Amarelo, por Perrone (1995) e, no córrego Naiá-Assú por Marchioro (1996) Marchioro e Barroso (1996) verifica-se que:

a) no caso do córrego Pau Amarelo a vazão média para ponto 01 foi de 0,13m<sup>3</sup>/s e no ponto 02 de 0,014 m<sup>3</sup>/s para o período de 10 e 30 de janeiro de 1995 e 25 de março e 10 de maio de 1995, totalizando 04 coletas.

b) no caso do córrego Naiá-Assú a vazão média para o período de setembro de 1995 a junho de 1996, foi de 0,05 m<sup>3</sup>/s com desvio padrão de 0,02, ou seja, em relação ao monitoramento atual, a vazão foi 4 vezes superior e, com relação ao desvio padrão, foi o dobro.

Alguns aspectos podem contribuir para que os valores de vazão sejam diferentes entre os dados obtidos por Marchioro (1996) Marchioro e Barroso (1996) e Perrone (1995) em relação a esse trabalho, com destaque para o regime de chuvas da época em relação ao atual, o ponto de monitoramento e, por fim, mas não menos importante, a técnica de monitoramento.

O método do flutuador empregado por Marchioro (1996), Marchioro e Barroso (1996) e Perrone (1995) podem ter superestimado os resultados, uma vez que, utiliza como parâmetro principal, o local de maior velocidade do leito e, a profundidade média, diferente do método acústico *Flow Tracker* utilizado neste trabalho, que possuem a possibilidade de estimativas em diversos pontos do córrego, representando melhor os seus valores em relação à profundidade média.

Neste sentido, Bonifácio e Freire (2013), comparando técnicas de monitoramento entre o flutuador e o método acústico, salientaram que a técnica do flutuador é recomendada para fins didáticos e, somente se não houver alternativa para a

medição de vazão, em função de pouca precisão. No caso da necessidade de maior precisão, os autores recomendam o método acústico.

#### **6.4 Variabilidade entre vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) e pluviosidade (mm)**

Ao analisar a relação entre a variabilidade da precipitação e vazão, é possível verificar uma ligeira similitude entre a distribuição pluviométrica e os picos de vazão para chuva acumulada em cinco dias. Apesar desta ligeira relação com o acumulado de chuva de cinco dias é possível verificar nas bacias estudadas disparidade entre as respostas de vazão com a distribuição da precipitação.

Considerando a distribuição pluviométrica homogênea para toda a Rebio de Duas Bocas, mesmo podendo ocorrer efeito da orografia na distribuição de precipitação pluvial, como salientado por Bastos *et al.*, (2015), que não pôde ser obtida, por motivo de problemas técnicos de operação durante o período de monitoramento, verificou-se diferenças entre os picos de vazão e precipitação entre e intra-bacias.

Entre as bacias, foi possível verificar máximas de vazão associados aos de precipitação pluvial que ocorreram entre os dias 22/01/2016, 28/06/2016 e 28/11/2016, sendo que, a única exceção ocorreu no dia 04/02/2016 para o córrego Panelas.

Quando se analisa a discrepância de eventos intra-bacias, na bacia do córrego Pau Amarelo, por exemplo, ocorreram diferenças em seus dois principais valores de pico, associados à chuva. Assim, no dia 28/06 de 2016 ocorreu um total de 17,40 mm acumulado em cinco dias, sendo que destes, 13,19 mm ocorreram no dia 23; 0,2 mm, no dia 24, zero, no dia 25, 8,4 mm, no dia 26, 3,8 mm, no dia 27 e, 5 mm (cinco) no dia da coleta e, vazão de  $0,126 \text{ m}^3/\text{s}$  para a bacia do córrego Pau Amarelo.

Já, na data de 22/01/2016 ocorreu um total de 108,2 mm acumulados em cinco dias, sendo que destes, no dia 17/01/2016 ocorreu 4 mm, no dia 18/01/2016, 6,8 mm, em 19/01/2016 com 31,8 mm, no dia 20/01/16, 3,8 mm, no dia 21/01/2016, 61,79 mm e, no dia da coleta, um total de 12,20 mm, apresentando uma vazão de  $0,126 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Beskow *et al.* (2009) analisaram o impacto da umidade antecedente em 18 eventos simultâneos de chuva e vazão através de modelagem hidrológica e verificaram a influência da umidade nos seus resultados, o que difere dos resultados encontrados neste trabalho.

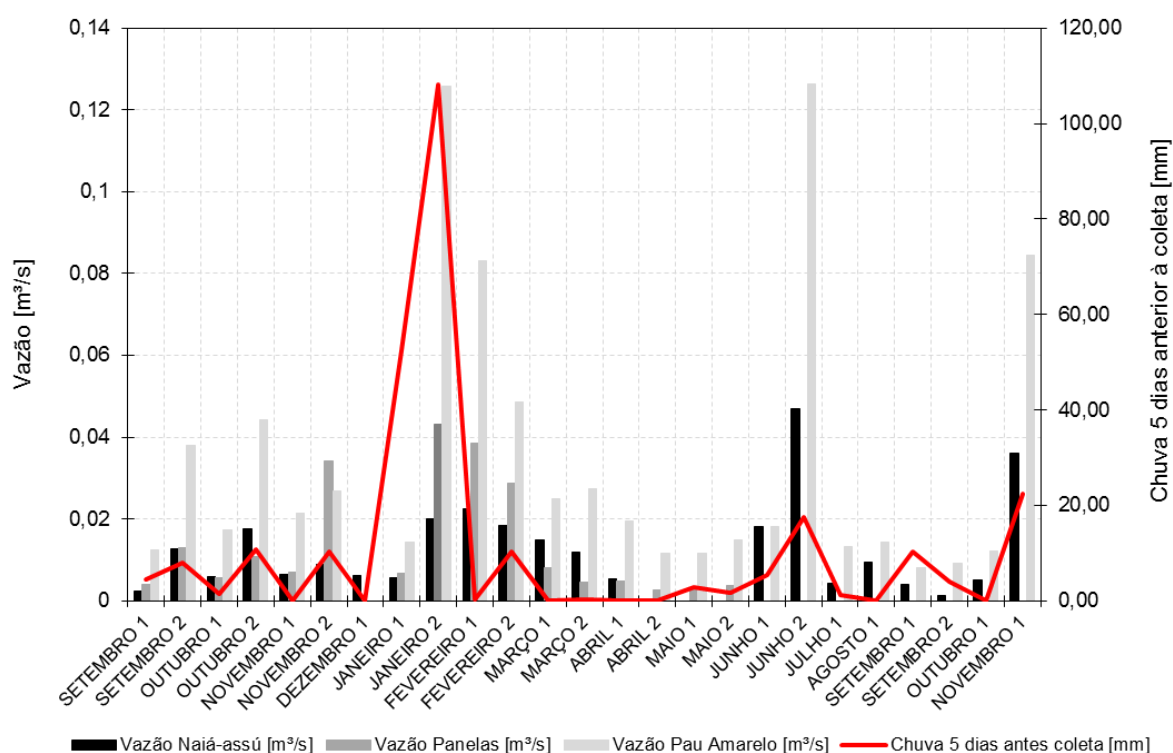
Diante dos valores encontrados na bacia do córrego Pau Amarelo para o dia 28/06/2016 em relação ao do dia 22/01/2016, mesmo este último apresentando aproximadamente 7 vezes maior quantidade de precipitação em relação ao evento do dia 28/06/2016, é possível afirmar que a coleta provavelmente foi realizada durante a curva de recessão (término do escoamento superficial) do córrego Pau Amarelo e, no caso do dia 28/01/2016 na curva de ascensão (início do escoamento superficial). Contudo, para a certificação desta variabilidade interna dos eventos

analisados, sugere-se necessário um monitoramento contínuo no tempo, para capturar tais variações da relação precipitação-vazão.

Na Figura 6-7, que representa a relação entre chuva acumulada nos cinco dias anteriores à vazão, os meses foram numerados, pois, foram realizadas duas coletas a cada mês, sendo os números 1 e 2 equivalentes à primeira e a segunda coleta em um dado mês.

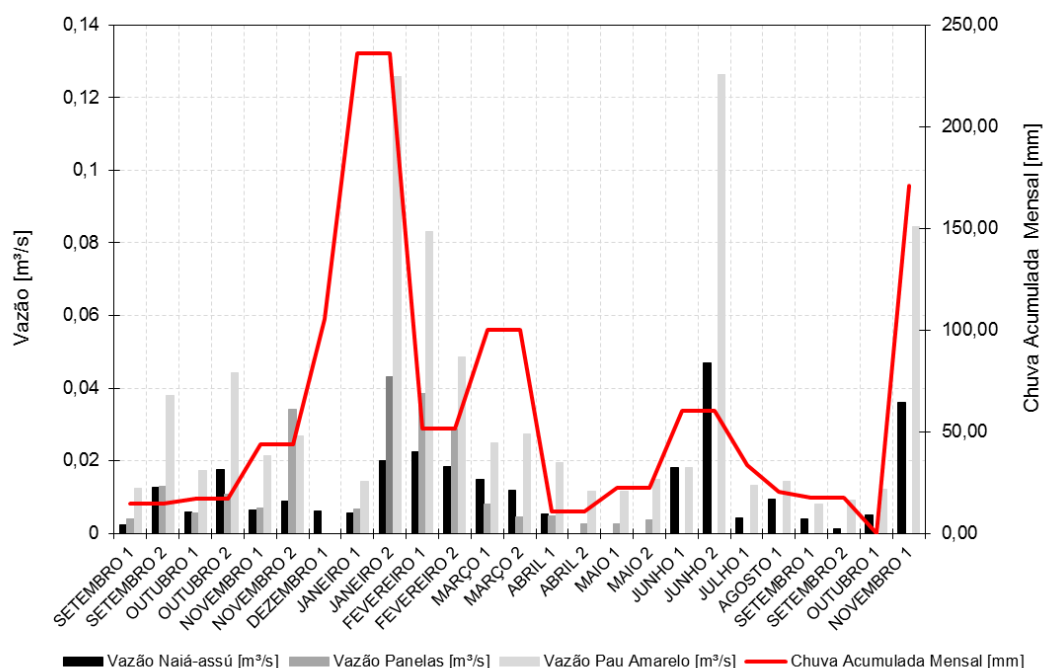
Outro fator importante a ser salientado nesta relação entre precipitação e vazão na bacia do córrego Pau Amarelo e, que pode ser estendida para as duas outras bacias foi que, durante eventos pluviométricos. Lopez (2016) identificou que o processo de interceptação ocorre de forma diferenciada, sendo máxima, por exemplo, para eventos de até 5mm (os mais frequentes na REBIO), diminuindo sua atuação para eventos de maior volume. Isto afeta a resiliência das bacias analisadas e sua sensibilidade hidrológica ao longo dos eventos de chuva, seguido de dias chuvosos e secos.

**Figura 6-7 – Relação entre pluviosidade nos cinco dias anteriores à coleta e vazão fluvial**



Já, ao analisar a chuva mensal em relação à vazão fluvial dos córregos, não foi possível verificar relação satisfatória, uma vez que, diversos eventos que foram coletados apresentaram valores de vazão baixos (mês de março) com totais pluviométricos próximos de 90 mm. Isto ocorre devido à distribuição das chuvas ao longo de um dado mês, pois, podem ocorrer precipitações posteriores ao dia da coleta, contribuindo para o aumento da precipitação acumulada do mês, não se refletindo sobre a vazão (Figura 6-8).

**Figura 6-8 – Relação entre pluviosidade mensal e vazão fluvial média.**



## 6.5 A produção de sedimentos nas bacias dos córregos Pau Amarelo, Naiá-Assú e Pannels

Na Tabela 6 são apresentados os valores da concentração de sólidos em suspensão ( $C_{ss}$ ) em mg/L, que revelou ser na bacia do córrego Pau Amarelo, os maiores valores de SS nas datas de 22/01/16 e 18/11/16, com 2,20 mg/L e 1,80 mg/L respectivamente. Para o córrego Naiá-Assú foram encontrados os maiores valores de  $C_{ss}$  nas datas de 28/06/16 e 28/11/16 com 1,40 mg/L em ambas e, para o córrego Pannels os valores foram nas coletas realizadas em 27/11/2015 com 1,40 mg/L, 22/01/16 e 04/02/2015 com 1,0 mg/L.

Em relação aos menores valores de  $C_{ss}$ , na bacia do córrego Pau Amarelo, eles ocorreram nas coletas do mês de setembro e outubro de 2015, na primeira quinzena, em 06/01/16, nos meses de março e abril e, nas datas de 16/08/16, 08/09/16 e 18/10/16, em todas com o valor de 0,80 mg/L. Já as menores vazões do Naiá-Assú, foram verificadas nos meses de setembro de 2015 e 2016, além de 04/06/16 todas elas com 0,20 mg/L. No córrego Pannels os menores valores foram nas datas de 17/09/15, 25/04/17 e 20/05/16 também com 0,20 mg/L.

Como ocorreu em relação às medidas de vazão, não foi possível coletar amostras de  $C_{ss}$  no córrego Pannels no período compreendido entre junho e novembro de 2016 e, para o córrego Naiá-Assú, não se coletou entre abril e maio de 2016, devido à falta de acessibilidade ao local (NHC), também em consequência da mínima coluna de água junto ao leito e ao reservatório.

**Tabela 6 – Concentração de sólidos em suspensão ( $C_{ss}$ ) (mg/L) para os pontos de monitoramento durante o período de estudo**

Dia Coleta	Mês Coleta	Ano	Sólidos em Suspensão [mg/L]		
			Naiá-Assu	Panelas	Pau-Amarelo
1	SETEMBRO	2015	0,20	0,40	0,80
17	SETEMBRO	2015	0,80	0,20	1,40
8	OUTUBRO	2015	0,40	0,40	0,80
23	OUTUBRO	2015	0,80	0,80	1,20
12	NOVEMBRO	2015	0,40	0,60	1,00
27	NOVEMBRO	2015	0,60	1,00	1,00
22	DEZEMBRO	2015	0,40	<b>NHC*</b>	<b>NHC*</b>
6	JANEIRO	2016	0,40	0,80	0,80
22	JANEIRO	2016	1,20	1,40	2,20
4	FEVEREIRO	2016	0,80	1,00	1,40
19	FEVEREIRO	2016	0,60	0,80	1,00
11	MARÇO	2016	0,60	0,60	0,80
29	MARÇO	2016	0,40	0,40	0,80
13	ABRIL	2016	0,40	0,40	0,80
25	ABRIL	2016	<b>NHC</b>	0,20	0,80
2	MAIO	2016	<b>NHC</b>	0,40	1,20
20	MAIO	2016	<b>NHC</b>	0,20	1,00
10	JUNHO	2016	0,20	<b>NHC</b>	1,00
28	JUNHO	2016	1,40	<b>NHC</b>	1,60
29	JULHO	2016	0,40	<b>NHC</b>	1,00
16	AGOSTO	2016	0,40	<b>NHC</b>	0,80
8	SETEMBRO	2016	0,40	<b>NHC</b>	0,80
20	SETEMBRO	2016	0,20	<b>NHC</b>	1,00
18	OUTUBRO	2016	0,60	<b>NHC</b>	0,80
28	NOVEMBRO	2016	1,40	<b>NHC</b>	1,80

**NHC\*- dados corrompidos ao transferir do *flow tracker* para o computador**

O maior valor médio de  $C_{ss}$  foi verificado na bacia do córrego Pau amarelo com 1,075 mg/L e, desvio padrão de 0,367 mg/L. Com relação a Panelas e Naiá-Assú, os valores médios de vazão foram de 0,6 mg/L e 0,591 mg/L, com desvio padrão de 0,352 mg/L e 0,343 mg/L respectivamente.

Verifica-se que de maneira geral, a concentração de  $C_{ss}$  média do Pau Amarelo é quase duas vezes maior do que os demais córregos analisados. Já para os valores encontrados de coeficiente de variação (CV) nota-se que na bacia do córrego Pau Amarelo, a variabilidade em relação à vazão demonstrou ser menor, indicando uma maior homogeneidade na dispersão dos dados medidos temporalmente. Em relação ao córrego Naiá-Assú e Panelas pode-se afirmar que, a variabilidade dos dados



medidos ao longo do período de estudo também demonstrou serem menores do que os de vazão, contudo, em uma razão maior do que o encontrado na bacia do córrego Pau Amarelo, conforme observado na Tabela 7.

**Tabela 7 - Parâmetros estatísticos de  $C_{ss}$  (mg/L)**

Bacias	$C_{ss}$ (mg/L)				
	Máxima	Mínima	Média	Desvio Padrão	CV (%)
Pau-Amarelo	2,200	0,800	1,075	0,367	34,2
Naiá-Assú	1,400	0,200	0,591	0,352	59,5
Panelas	1,400	0,200	0,600	0,343	57,1

De acordo com os valores obtidos, a bacia com a maior produção de sedimentos é a do córrego Pau Amarelo, sendo que, as outras bacias em estudo se equivalem em relação à concentração de  $C_{ss}$ . Tal comportamento pode ser explicado, primeiramente, pela maior área de contribuição da bacia de drenagem do Pau Amarelo, os maiores valores obtidos de vazão e, ainda, pelos seus aspectos fisiográficos.

Esses valores acerca da concentração de sedimentos estão de acordo com o trabalho realizado por Santos (2016), que comparou as transformações na vulnerabilidade erosiva na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas (ES), entre os anos de 1970, 2008, 2012 e 2013. No estudo foi demonstrado que dentro dos limites da Rebio de duas bocas, a bacia do córrego Pau Amarelo possui a maior vulnerabilidade erosiva, com base nas variáveis: declividade, solos, uso e cobertura da terra de 2012 e os dados de pluviosidade da normal climatológica (1983-2013).

Segundo Santos, (2016) na bacia do córrego Pau Amarelo foi encontrada uma vulnerabilidade erosiva que variou entre alta e média, conforme a metodologia de Ross (1994), e Amaral e Ross (1994) sendo o modelo determinado em quatro classes (Muito Baixa, Baixa, Média e Alta).

De acordo com o autor, o predomínio das classes de vulnerabilidade média e alta, ocorreu devido à elevada precipitação no ano de 2013, onde, o quantitativo de chuva foi muito elevado, visto que, concernente à precipitação total anual acumulada, a amplitude dos intervalos foram de: 1.909 a 1.937mm, 1.937 a 1.966mm. 1.966 a 1.994mm, 1.994 a 2.023mm, 2.023 a 2.051mm. Além disso, existe a integração da alta pluviosidade medida em 2013 com as variáveis: declividade, uso e cobertura da terra e os solos suscetíveis (cambissolos háplicos) aos processos erosivos.

Ao se comparar os resultados obtidos de  $C_{ss}$  para o córrego Pau Amarelo, com os valores obtidos por Perrone (1995) na bacia do córrego Pau Amarelo e, no córrego Naiá-Assú por Marchioro (1996) e Marchioro e Barroso (1996), verificou-se que no primeiro, respectivamente, o  $C_{ss}$  médio para o ponto 01 foi de 1,05 mg/l e para o

ponto 02 foi de 0,95 mg/l. O valor encontrado no ponto 01 está similar ao valor de  $C_{ss}$  encontrado no presente estudo, que foi de 1,075 mg/l na bacia do Pau Amarelo.

Em relação aos dados obtidos de  $C_{ss}$  por Marchioro (1996) na bacia do córrego Naiá-Assú, percebe-se que os dados alcançados tiveram uma ligeira diferença positiva em relação aos desse trabalho. Os valores médios de  $C_{ss}$  obtidos pelo mesmo autor, foram de 0,8 mg/l enquanto que nessa pesquisa foi obtido o valor de 0,591 mg/l.

Ao constatar a similaridade dos dados obtidos por Perrone (1995) e Marchioro (1996), com o presente estudo, pode-se deduzir que apesar do intervalo entre as pesquisas, não houve aumento significativo do potencial erosivo das encostas nas bacias estudadas.

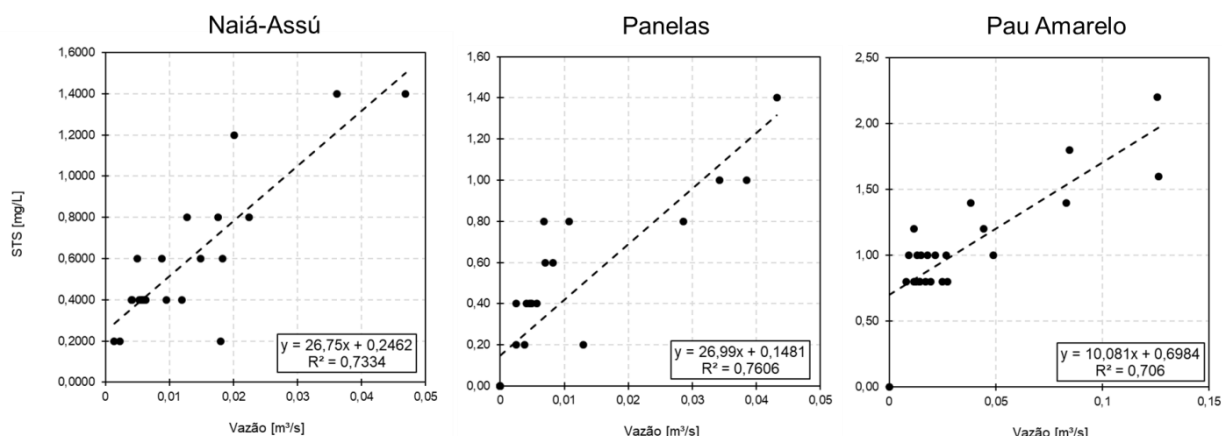
Diante do exposto, os valores obtidos de  $C_{ss}$  nas bacias estudadas podem ser considerados baixos, possivelmente, em função da forte preservação de Mata Atlântica que minimiza o efeito da erosão do respingo ou *splash erosion* e, da erosão causada pelo escoamento superficial difuso e concentrado, mesmo que estes últimos possam ser potencializados pela alta declividade da área. De acordo com Santos *et al.*, (2000), o tipo de cobertura vegetal, presente numa área, tem grande influência sobre o escoamento superficial e a produção de sedimentos, pois a vegetação protege o solo contra o impacto da chuva, reduzindo assim o potencial de erosividade.

Também é possível destacar que, por se tratar de uma reserva biológica, a ação antrópica é quase inexistente e, por vezes ainda são herdadas de antigas áreas de agricultura, que estão em avançado estado de regeneração natural como destacado por Marchioro (1996), Perrone (1995), Novelli (2010), Cupertino e Marchioro (2015), Santos *et al.*, (2017), Cupertino e Marchioro (2017).

Ao se analisar o coeficiente de correlação ( $R^2$ ) os resultados mostraram-se positivos e razoáveis para os três conjuntos de dados, representando os córregos Naiá-Assú, Pannels e Pau Amarelo. Os valores de ( $R^2$ ) variaram de 0,706 até 0,760 demonstrando que a correlação dos dados de vazão e  $C_{ss}$  se mostrou bastante similar entre os córregos. Adicionalmente, pode-se perceber que os conjuntos de dados apresentam forte tendência a linearidade nas três situações. Nos gráficos estão expostos os valores de ( $R^2$ ) e das equações de regressão linear obtidas (Figura 6-9). Toda esta discussão serve para demonstrar, que para as bacias hidrográficas da Rebio de duas bocas o aumento de vazão esta linearmente relacionada à  $C_{ss}$ .

Leli *et al.*, (2010) ao relacionar os valores de vazão e  $C_{ss}$  do rio Ivaí (SC), encontrou que a carga de sedimento em suspensão apresenta uma correlação altamente dispersa com a vazão ( $R^2 = 0,52$ ) quando se monitora diariamente os dados. Porém quando se correlaciona a produção anual de sedimento com a vazão média a correlação torna-se bastante alta ( $R^2 = 0,94$ ).

**Figura 6-9 – Correlação entre  $C_{ss}$  (mg/L) e vazão ( $m^3/s$ ) nas bacias da Rebio de Duas Bocas**



Ao avaliar a dispersão dos dados simulados e observados da produção de sedimentos em uma pequena bacia rural, Bonumá *et al.*, (2010) asseverou um bom ajuste dos dados na escala mensal com ( $R^2$ ) de 0,90, já em relação aos dados diários, o ajuste foi considerado insatisfatório, mostrando assim um desempenho inferior para as dispersões encontradas nos dados diários, com ( $R^2$ ) de 0,57.

Vestena (2009) ao estudar a bacia hidrográfica Caeté em Alfredo Wagner (SC), entre setembro de 2006 e março de 2008, verificou que a correlação entre vazão e  $C_{ss}$  apresentou ( $R^2$ ) superior a 0,70 em 56% dos eventos pluviométricos. Contudo, constatou-se que, na curva de ascensão, os índices de correlação são baixos, enquanto que na recessão são altos.

## 6.6 Distribuição granulométrica

Os parâmetros granulométricos da superfície do compartimento sedimentar são apresentados na **Tabela 8**, onde, constam os pontos de coleta, porcentagem das frações por amostras e parâmetros estatísticos (diâmetro médio e grau de seleção). De modo geral, os dados obtidos indicam que a distribuição dos grãos do reservatório da Rebio de duas bocas possui heterogeneidade granulométrica, podendo ser agrupados em dois tipos principais: pelíticos (lamosos) e arenosos.

Em relação aos dados da tabela 9 as frações classificadas como arenosas obtiveram, em relação ao diâmetro médio dos grãos - (coluna A), 10 (dez) amostras classificadas como areia média (50%), 09 (nove) como areia grossa (45%) e 01 (uma) como areia fina (0,5%). Os valores variaram de 2,154 *phi* (areia fina) a 0,308 *phi* (areia grossa), sendo registrado valor médio de 1,104 *phi* (areia média).

Em seus estudos, Ponçano *et al.*, (1976) apontam a importância do estudo do diâmetro médio como medida de tendência central mais importante na caracterização dos sedimentos. Essa medida caracteriza a distribuição granulométrica da área de estudo, fornecendo uma primeira indicação global a

respeito das energias envolvidas nos processos deposicionais. Para as amostras pertencentes ao grupo de materiais grossos, as porcentagens podem ser observadas na Tabela 9.

.

Tabela 8 – Dados granulométricos do reservatório da Rebio de Duas Bocas.

AMOSTRAS	DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)			Diâmetro Médio	Grau de Seleção
PONTOS	Areia	Silte	Argila	A	B
PT 01	99,40%	0,00%	0,00%	AM	MDS
PT 02	71,70%	27,10%	1,20%	AMF	MS
PT 03	79,60%	18,40%	0,00%	AF	MS
PT 04	80,10%	1,80%	0,00%	AG	MS
PT 05	99,60%	0,00%	0,00%	AM	MDS
PT 06	92,10%	1,20%	0,00%	AM	MS
PT 07	92,00%	0,00%	0,00%	AG	MS
PT 08	93,60%	3,10%	0,00%	AM	MS
PT 09	96,40%	0,80%	0,00%	AM	MS
PT 10	17,50%	82,50%	5,70%	SG	MS
PT 11	28,00%	72,00%	4,90%	SG	MS
PT 12	24,70%	75,30%	4,20%	SG	MMS
PT 13	25,70%	74,30%	4,50%	SG	MS
PT 14	32,60%	67,40%	4,90%	SG	MS
PT 15	2,80%	97,20%	8,10%	SM	MS
PT 16	17,80%	82,20%	6,40%	SG	MS
PT 17	15,90%	84,10%	7,60%	SG	MMS
PT 18	16,40%	83,60%	6,10%	SG	MMS
PT 19	37,30%	62,70%	3,70%	AM	MMS
PT 20	94,30%	0,00%	0,00%	AG	MS
PT 21	12,30%	81,70%	6,00%	SM	MS
PT 22	22,90%	72,40%	4,70%	SG	MS
PT 23	97,80%	0,00%	0,00%	AG	MS
PT 24	16,90%	77,10%	6,00%	SG	MS
PT 25	3,00%	89,70%	9,10%	SM	MS
PT 26	12,60%	80,10%	7,30%	SG	MS
PT 27	66,00%	32,80%	1,20%	AMF	MS
PT 28	13,10%	80,00%	6,90%	SG	MS
PT 29	9,80%	83,00%	7,20%	SM	MS
PT 30	89,20%	10,20%	0,00%	AG	MS
PT 31	25,00%	70,00%	5,00%	SG	MMS
PT 32	22,20%	73,60%	4,20%	SG	MS
PT 33	8,10%	83,10%	8,80%	SM	MS
PT 34	80,80%	18,10%	1,10%	AF	MS
PT 35	6,70%	85,40%	7,90%	SM	MS
PT 36	96,30%	0,00%	0,00%	AM	MS
PT 37	10,30%	88,60%	7,10%	SG	MS
PT 38	2,90%	87,90%	9,20%	SM	MS
PT 39	34,10%	62,50%	3,40%	SMG	MMS
PT 40	96,80%	0,00%	0,00%	AM	MS
PT 41	90,80%	0,00%	0,00%	AG	MS
PT 42	97,60%	0,00%	0,00%	AM	MS
PT 43	91,80%	0,00%	0,00%	AG	MS
PT 44	100,00%	0,00%	0,00%	AM	MDS
PT 45	97,10%	0,00%	0,00%	AG	MDS
PT 46	71,90%	2,40%	0,00%	AG	MS
PT 47	55,30%	42,80%	1,90%	AMF	MS
PT 48	26,60%	69,50%	3,90%	SG	MS
PT 49	37,00%	58,80%	4,20%	SMG	MMS
PT 50	49,60%	47,70%	2,70%	SMG	MS
PT 51	81,10%	2,90%	0,00%	AG	MS

**Amostras** – Sequência dos Pontos de Coleta; **Distribuição Granulométrica %** – Areia, Silte, Argila; **A - Diâmetro médio do grão, em  $\phi$** ; Classificação pelo diâmetro médio: AG (areia grossa); AM (areia média); AF (areia fina); AMF (areia muito fina); SMG (silte muito grosso); SG (silte grosso); SM (silte médio); SF (silte fino); SMF (silte muito fino); **B - Desvio padrão, em  $\phi$** ; Classificação pelo grau de seleção; MBS (muito bem selecionado); BS (bem selecionado); MDS (moderadamente selecionado); PS (pobremamente selecionado); MS (muito pobremamente selecionado); MMS (extremamente mal selecionado).

**Tabela 9 – Classificação das frações grossas**

<b>Classificação</b>	<b>Areia grossa</b>	<b>Areia Média</b>	<b>Areia Fina</b>	<b>Areia Muito Fina</b>
<b>%</b>	22,2%	22,7%	15,3%	8,2%

No que se refere ao desvio padrão -  $\sigma$  (grau de seleção, coluna B) das frações arenosas, os valores variaram de 0,733 (Moderadamente Seleccionado) a 1,780 (muito pobremente selecionado), sendo registrado o valor médio do desvio padrão de 1,211 (muito pobremente selecionado). Do total de 20 amostras, 04 (quatro) foram classificadas como moderadamente selecionadas (20%) e 16 (dezesesseis) como muito pobremente selecionadas (80%).

Quanto à análise do grau de seleção, há predominância de material muito pobremente selecionado e, algumas amostras classificadas como extremamente mal selecionadas. Tal informação demonstra uma composição de sedimentos de duas ou mais classes granulométricas. De acordo com Suguio (1973) o grau de seleção dos sedimentos melhora com a distância transportada, tendo como consequência um decréscimo das classes granulométricas.

A seleção pobre de grãos encontrada no reservatório indica um ambiente onde, provavelmente, existe proximidade com as áreas fontes. De acordo com Albino, (1999) os parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica dependem da área fonte, pois, quanto mais próximos os sedimentos analisados da área fonte, menor será o selecionamento.

Quanto aos dados das frações lamosas, pode ser feita uma correlação com as frações arenosas, que demonstraram possuir uma pobre seleção, indicando assim, a proximidade com as áreas fonte do reservatório. Nas frações lamosas, 17 (dezesete) amostras foram classificadas como silte grosso (55%), 07 (sete) como silte médio (22,5%) e 03 (três) como silte muito grosso (9,7%). Esses valores variaram de 2,485 *phi* (areia fina) e 6,455 *phi* (silte médio) e, o seu valor médio foi de 3,289 *phi* (areia fina). Quanto ao desvio padrão -  $\sigma$  (grau de seleção), os valores variaram entre 1,590 (mal selecionado) a 2,174 (muito mal selecionado), registrando um valor médio de 1,850 (muito pobremente selecionadas), 25 (vinte e cinco) amostras foram classificadas como muito pobremente selecionado (80,6%), 06 (seis) como extremamente mal selecionadas (19,4%). Os materiais lamosos (silte e argila) foram organizados conforme **Tabela 10**.

**Tabela 10 – Classificação das frações lamosas.**

<b>Classificação</b>	<b>Areia muito fina</b>	<b>Silte muito grosso</b>	<b>Silte grosso</b>	<b>Silte médio</b>	<b>Silte fino</b>	<b>Silte muito fino</b>	<b>Argila</b>
<b>%</b>	25,9	21,2	11,6	7,1	4,6	3,3	2,7

O mapa de distribuição granulométrica do reservatório da Rebio de Duas Bocas (Figura 6-10) demonstra uma gradativa variação da granulação do material de fração mais grossa (areia média e grossa) para a fração lamosa.

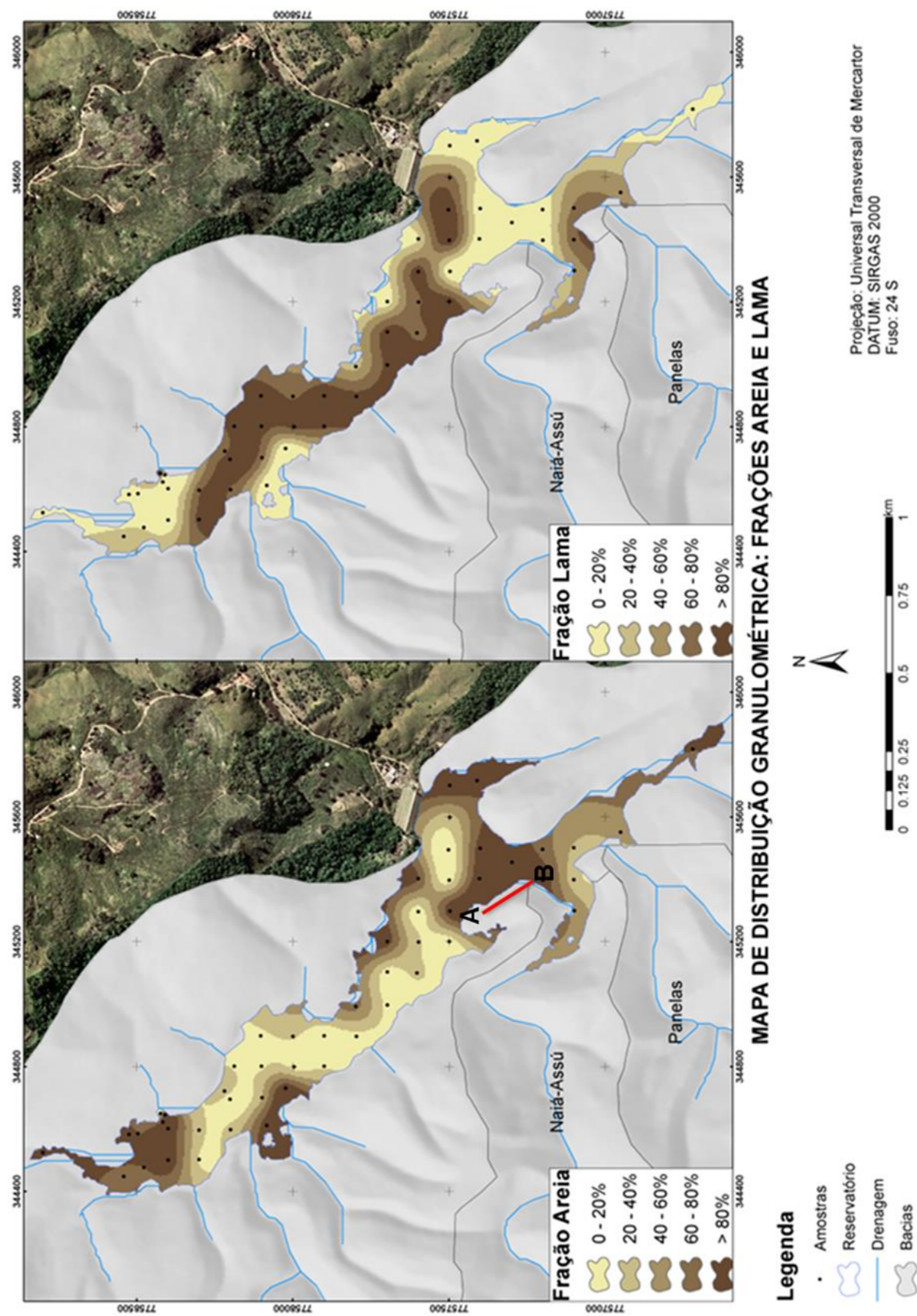
As frações lamosas predominam ao longo do reservatório, de forma ordenada, a partir das desembocaduras e entradas laterais do reservatório em direção ao centro. Os materiais arenosos são depositados principalmente nas desembocaduras dos córregos, indicando, dessa maneira, um ambiente de maior energia, principalmente, na desembocadura do córrego Pau Amarelo.

Em relação à distribuição da fração pelítica, esta fração ocorre, principalmente, na passagem do processo deposicional fluvial para o ambiente lacustre. Acontece uma desaceleração do movimento das partículas sólidas, em direção ao escoamento fazendo com que a deposição, ocorra ao longo do reservatório (jusante), quando as partículas de menor diâmetro vão se acumulando em posições mais abaixo do reservatório, ou permanecem em suspensão até se sedimentarem (PAIVA, 2003).

O material de granulação fina é carregado em suspensão pelo fluxo, enquanto a turbulência for suficiente para transportá-lo. Quando essas partículas atingirem seu limite crítico, os sedimentos serão então depositados, sendo que, a deposição de lama ocorre também ao longo do reservatório.

Essa característica deposicional encontrada ao longo do reservatório da Rebio de Duas Bocas, corrobora com a pesquisa de Cabral et al., (2009) que, ao avaliar o estado de assoreamento do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) indicou ser constituído, principalmente de silte e argila o material coletado na superfície do sedimento, ocorrendo um aumento do tamanho dos grãos, próximo às desembocaduras. O autor conclui o estudo apresentando que, a distância das áreas-fonte em relação ao reservatório não é suficiente para que os sedimentos cheguem a apresentar melhor seleção, indicando que os mesmos foram pouco retrabalhados.

Figura 6-10 – Distribuição granulométrica no reservatório da Rebio de Duas Bocas.





Ainda em relação às frações arenosas, importante salientar que no mapa (Figura 6-10) foi destacado o seguimento (A-B) onde, ocorre predominantemente a presença de material arenoso. Esse fato, possivelmente, não possui relação com o fluxo da rede de drenagem. Essa deposição de frações arenosas pode estar relacionada à inclinação da vertente do local e, da carência de vegetação daquela área, conforme mostra a Figura 6-11.

**Figura 6-11 - Segmento (A-B) com vertente inclinada e sem cobertura vegetal.**



Os materiais arenosos encontrados nas margens da parte central do reservatório e, que não estão presentes nas desembocaduras, podem ser provenientes da presença de blocos de matacões submersos (Figura 6-12) observados durante as coletas de campo.

**Figura 6-12 – Blocos de matacões existentes ao longo do reservatório.**



Fonte: arquivo pessoal

### **6.7 Morfoscopia dos grãos da fração arenosa**

A análise morfoscóptica demonstrou que, com exceção dos pontos 1 e 51, existe o predomínio de grãos subangulosos, com valores superiores 63% dos totais de grãos analisados. Já em relação aos pontos 1 e 51, possuem contornos subangulosos e subarredondados em porcentagens similares, sendo que a classe de subarredondado apresenta valores superiores aos outros pontos, variando entre 34% e 46%, conforme **Tabela 11**.

Tabela 11 – Resultados da morfoscopia.

Amostras	Grau de Arredondamento %					Textura Superficial %	
	A	SA	SBA	AR	BA	Fosca	Brilho Natural
PT 01 $\phi=2,00$	4	57	38	1	*	32	68
PT 01 $\phi=1,50$	3	62	34	1	*	28	72
PT 41 $\phi=2,00$	14	72	14	*	*	79	21
PT 41 $\phi=1,50$	12	84	14	*	*	67	33
PT 43 $\phi=2,00$	12	68	20	*	*	66	34
PT 43 $\phi=1,50$	7	63	20	*	*	52	48
PT 51 $\phi=2,00$	1	57	42	*	*	24	76
PT 51 $\phi=1,50$	1	53	46	*	*	39	61
PT 20 $\phi=2,00$	12	69	19	*	*	58	42
PT 20 $\phi=1,50$	9	71	20	*	*	59	41
PT 23 $\phi=2,00$	15	73	12	*	*	53	47
PT 23 $\phi=1,50$	11	69	20	*	*	62	38
PT 36 $\phi=2,00$	12	75	13	*	*	57	43
PT 36 $\phi=1,50$	16	72	12	*	*	64	36

Siglas: (A) anguloso; (SA) subanguloso; (SBA) subarredondado; (AR) arredondado; (BA) bem arredondado. Adaptado de Shepard (1967).

O grau de arredondamento entre os pontos 1 e 51, com o aparecimento da classe subarredondado, pode ter relação com as desembocaduras fluviais, que ao transportar os grãos em rolamento ou saltação promovem um ligeiro arredondamento devido ao atrito com a rugosidade existente e que pode ser observado na **Figura 6-13**.

As demais estações verificadas (20, 23, 36, 41, 43) localizam-se ao longo do reservatório, não possuindo relação com a condição energética dos córregos. Tal fato corrobora com a ideia de que foram introduzidos recentemente no ciclo sedimentar, em que o transporte e consequentes colisões com outras partículas não proporcionaram ainda tempo para arredondá-los e marcar as suas superfícies. Segundo Bertolini *et al.*, (2016) os grãos que possuem tais características são equivalentes à denominação de *non usés* conforme Cailleux; Tricart (1963).

**Figura 6-13 - Morfoscopia dos grãos do reservatório, ponto (01)**



**Fonte: arquivo pessoal**

A prevalência de grãos com contornos angulosos encontradas nas amostras (20, 23, 36, 41, 43) podem ser indicativas de desagregação física ou química direta, a partir do material da rocha ou matacões existentes no reservatório de Duas Bocas e/ou de encostas adjacentes. Essas rochas estão localizadas na base das encostas próximas ao reservatório.

Para Dias (2004), em ambientes fluviais, o grau de arredondamento dos grãos possui formas variadas, contudo, de contornos mais ou menos arredondados, o que confere com os pontos (01, 51) pertencentes às desembocaduras. Esse possível arredondamento ocorre, pois, o transporte em meio hídrico provoca colisões entre partículas, relativamente pouco violentos (devido à viscosidade da água) e, em relação à textura, existe uma ligeira prevalência de grãos com polimento muito suave da superfície, dando-lhes um aspecto brilhante.

Em relação a textura superficial das amostras arenosas, verificou-se que os pontos 01 e 51, que estão localizados nas desembocaduras, possuíram uma maior porcentagem de grãos polidos ou com brilho natural, variando entre 68% e 76%, respectivamente. Já em relação aos demais pontos, verificou-se o predomínio de grãos mais opacos (fosco) variando entre 53% e 76% das amostras analisadas (Tabela 13).

## 6.8 Descargas sólidas anuais em suspensão para as bacias da Rebio de Duas Bocas

Os valores obtidos dos sedimentos em suspensão podem ser visualizados através da Tabela 12.

**Tabela 12 – Produção de sedimentos (kg/km<sup>2</sup>-ano) das bacias hidrográficas da Rebio de Duas Bocas**

Bacias	Produção de sedimentos (kg/km <sup>2</sup> -ano)
Pau-Amarelo	0,080
Naiá-Assú	0,060
Panelas	0,050

Os dados apresentados demonstram que as bacias da Rebio de Duas Bocas produzem anualmente em Pau Amarelo 80, Naiá Assú 60 e Panelas 50 g por km<sup>2</sup> de sedimentos. Ao comparar a porcentagem da produção de sedimentos das três bacias temos que, a produção de sedimentos de Pau Amarelo é 33% superior à produção anual de Naiá Assú e 60% superior à produção do córrego Panelas.

Os dados apresentados de produção anual de sedimentos por km<sup>2</sup> estão em concordância com os valores obtidos através da morfometria das bacias, das campanhas de mensuração, pluviométrico, de vazão e concentração de sedimentos dos canais do reservatório de Duas Bocas, bem como, com a distribuição granulométrica.

As análises morfométricas, principalmente, da rede de drenagem conferiram à bacia do córrego Pau Amarelo em função da área, densidade de rios, comprimento do canal principal, ordem dos canais e número de nascentes, o local com maior possibilidade de produção de sedimentos e descarga líquida. Os valores obtidos de vazão e sólidos em suspensão da bacia do córrego Pau Amarelo foram superiores aos encontrados nas demais bacias em todas as campanhas de monitoramento. Ao espacializar a distribuição granulométrica do reservatório foi verificado que o material de granulometria mais grossa é depositado principalmente na desembocadura do córrego Pau Amarelo.

## 7 CONCLUSÕES

Esse trabalho teve como objetivo, distinguir as áreas de contribuição e a sua relação, com o aporte hidrossedimentológico na Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica (ES). As técnicas empregadas para realização da pesquisa se mostraram eficientes, com resultados que conferem à bacia do córrego Pau Amarelo, o principal ambiente propenso à descarga líquida e produção de sedimentos.

A morfometria das bacias hidrográficas da Rebio de Duas Bocas demonstrou que elas possuem forma estreita e alongada, evidenciando menor risco de inundações em condições normais de pluviosidade anual, além de boa capacidade de drenagem. Os canais principais possuem uma forma mais retilínea, podendo dessa maneira, facilitar o transporte de sedimentos. Em relação à declividade das bacias, essas garantem ao local um relevo bastante acidentado, variando entre fortemente ondulado (Naiá-Assú e Pau Amarelo) a montanhoso (Panelas) corroborando com o mapa de índice de rugosidade, favorecendo, dessa forma, o processo de erosão, escoamento e produção de sedimentos.

Em relação à rede de drenagem, a bacia do córrego Pau Amarelo notoriamente se evidenciou em termos hidrológicos, com uma área de drenagem quase três vezes maior do que as bacias de Naiá-Assú e Panelas. Na bacia do córrego Pau Amarelo também se destacam a quantidade de rios, de nascentes e a hierarquização da rede de drenagem, contribuindo para maiores fluxos hidrológicos superficiais.

Os dados obtidos de precipitação demonstraram semelhança com a variação mensal da normal climatológica alcançada por Bastos *et al.*, (2015) que conferiram aos meses compreendidos entre novembro a março os períodos com maiores totais mensais acumulados de precipitação e os períodos com maiores estiagens ocorrendo entre abril a setembro. Contudo, nem todos os meses mantiveram o correto monitoramento devido a problemas técnicos ocorridos nas estações.

Para o monitoramento de vazão, as maiores médias adquiridas na Rebio de Duas Bocas foram na bacia do Pau Amarelo, nos meses de janeiro (período chuvoso) e junho (estiagem) tendo valores, aproximadamente, duas vezes superior aos demais córregos monitorados. Os maiores valores de vazão, na bacia do córrego Pau Amarelo podem ser explicados, possivelmente, pela sua maior área de captação/contribuição e, pelos valores quantificados na análise morfométrica, principalmente, os da rede de drenagem, que permitem à bacia, uma maior convergência de volume de água para o canal principal.

Ao relacionar os dados de precipitação com os de vazão nota-se que durante o período de monitoramento, houve diferenças entre os picos de vazão e precipitação entre e intra-bacias. Possivelmente este fato ocorreu devido ao impacto da umidade antecedente em eventos simultâneos de chuva e vazão, ou, com as curvas de recessão e ascensão nos dias de coleta.



Os valores obtidos de concentração de sólidos em suspensão ( $C_{ss}$ ) corroboram com os valores das médias de vazão adquiridas, sendo na bacia do córrego Pau Amarelo o local com a maior produção de sedimentos. Importante salientar que, a cobertura vegetal, atua positivamente para minimizar a produção de sedimentos das encostas que atingem o canal fluvial. Ao analisar os gráficos de coeficiente de correlação ( $R^2$ ) percebe-se que o conjunto de dados apresentou tendência à linearidade nas três situações, indicando, dessa forma, que o aumento de vazão pode ter relação com o aumento da  $C_{ss}$ .

A distribuição granulométrica do reservatório de Duas Bocas demonstrou que o material coletado na superfície de fundo é constituído, principalmente, por sedimentos lamosos (silte e argila) localizados no setor compreendido entre o processo deposicional fluvial para o ambiente lacustre. O material de granulação mais grossa (areia média a grossa) é depositado principalmente nas desembocaduras, sendo a do córrego Pau Amarelo o de maior aporte hidrossedimentológico. A distribuição demonstrou ainda que, de maneira geral, os sedimentos são pobremente selecionados, indicando que estes podem ser provenientes de locais próximo às áreas fonte.

Em relação ao grau de arredondamento das amostras, a análise morfoscópica realizada no reservatório da Rebio de Duas Bocas indicou o predomínio de grãos angulosos e subangulosos. Isso demonstra que os grãos analisados nesse estudo correspondem a grãos introduzidos recentemente no ciclo sedimentar, sem que o transporte e decorrentes colisões com outras partículas tivessem tempo de arredondar e marcar as suas superfícies.

Quanto à textura superficial, provavelmente os grãos de textura mais fosca (20, 23, 36, 41, 43) podem ser provenientes da deposição das encostas adjacentes ao reservatório. Esses ambientes não estão sob a influência da dinâmica fluvial e pela pouca intensidade de retrabalhamento dos grãos.

As características das amostras com brilho natural que estão depositadas nas desembocaduras fluviais (1 e 51), indicam proximidade com as áreas fontes de sedimentos. A dinâmica fluvial a que estão submetidas não permitem um intenso transporte através dos córregos do reservatório.

Os valores obtidos através do cálculo de descarga sólida anual, modificada para produção de sedimentos por  $\text{km}^2$  para cada bacia da Rebio de Duas Bocas. Juntamente, com as maiores médias de descarga hídrica, atingidas através de monitoramento, confirmaram os resultados obtidos pelas técnicas propostas nesse estudo, demonstrando que a bacia do córrego Pau Amarelo é o local responsável pelo maior aporte hidrossedimentológico para o reservatório de Duas Bocas.

As técnicas utilizadas nesse estudo mostraram um bom desempenho no tocante à apreciação das áreas favoráveis a produção de escoamento e sedimentos para uma determinada bacia. A integração dos resultados em escala de bacia hidrográfica,

rede de drenagem e reservatório pode subsidiar futuramente ações de planejamento e gestão ambiental. A cobertura vegetal bem preservada e, atualmente, a mínima influência antrópica na Rebio de Duas Bocas de duas bocas, permite o controle natural pela bacia dos processos hidrossedimentológicos para o reservatório de Duas bocas. Para futuros trabalhos recomenda-se, principalmente, no tocante ao monitoramento, que este possa ser realizado de maneira contínua, sem interferir na dinâmica natural da reserva.



## 8 REFERÊNCIAS

ALBINO, J. Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das Praias de Bicanga a Povoação, ES. Tese de doutoramento. Programa de Pós-graduação em Geologia sedimentar. Instituto de Geociências USP. 1999.

ALFREDINI, P. Obras E Gestão De Portos E Costas, Ed. Edgard Blücher, 2005.

ALMEIDA, W.S.; SOUZA, N.M.; REIS JÚNIOR, D.S.; CARVALHO, J.C. Análise morfométrica em bacias hidrográficas fluviais como indicadores de processos erosivos e aporte de sedimentos no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Corumbá IV. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.14, n.2, (Abr-Jun), 2013. p. 139.

ALVES, W. S.; SCOPEL, I. MARTINS, A. P.; MORAIS, W. A. Analise morfométrica da bacia do Ribeirão das Aboboras – Rio Verde (GO).Geociências, Rio Claro, v.35, n. 4, p.652-667, 2016.

ALVES, J.M.P.; CASTRO, P.T.A. Influência de Feições Geológicas na Morfologia da Bacia do Rio Tanque (MG) Baseada no Estudo de Parâmetros Morfométricos e Análise de Padrões de Lineamentos. Revista Brasileira de Geociências, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.

ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. V.; ALVES, E. C. R. F.; SILVEIRA A.; OLIVEIRA, C. U. R. Caracterização morfométrica e pluviométrica da Bacia do Rio Manso, MT. Revista Geociências, v.27, p.237-248, 2008.

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 124-130, jan./abr. 2001.

AMORIN, L.N. O Efeito da Escala na Análise Geomorfométrica da Subbacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas, Tributário da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória-ES, (monografia), 2014.

ANDRÉ, C. Abordagem historiográfica sobre a reserva biológica de Duas Bocas/Cariacica-ES: (1912-1991). 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

APHA - American Public Health Association. Standard Methods for the examination of Water and Wasterwater. 21. ed. Springfield: Byrd Prepress, 2005.

ARAGÃO, R., CRUZ, M.A.S., AMORIM, J.R.A., MENDONÇA, L.C., FIGUEIREDO, E. E., SRINIVASAN, V., 2013. Análise de sensibilidade dos parâmetros do modelo SWAT e simulação dos processos hidrossedimentológicos em uma bacia no agreste nordestino. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* [online] 37. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000400026>. Acesso: 01 maio. 2016.

ARAÚJO, N.M. (2013). Métodos de medição da água no solo: uma breve discussão. *Revista Geonomos*. Disponível em: <<http://www.igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/geonomos/article/view/226>>. Acesso em: 08 Mar. 2016.

BARROSO, G; MARCHIORO, E. Estudos de Parâmetros Morfométricos e Sólidos em Suspensão em Bacias Hidrográficas como Subsídios ao Manejo Ambiental: estudo de caso das Sub-bacias do rio Duas Bocas (ES). VIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 01. p. 40-41, 1999.

BARTELS, G. K. Monitoramento hidrossedimentológico numa bacia hidrográfica do escudo sul-rio-grandense. 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

BASTOS, K. V; *et al.* Ritmo Pluviométrico da Bacia do Rio Duas Bocas (ES). I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias – SASGEO. Uberaba – MG, 2015.

BENAVIDES, M.V. Morfometria da bacia hidrográfica do rio Bobo no Estado de Nariño, Colômbia. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal-SP, 2008, 56p.

BERTALANFFY, L. V. Teoria Geral dos Sistemas. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTOLINI, W.Z; COSTA, I.M; LIMA, G.L. Morfoscopia e morfologia da cobertura pedológica às margens do rio Uruguai no oeste de Santa Catarina. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. v.39, n.3, 2016. p.71-78.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico. *Ra'eGa, O Espaço Geográfico em Análise*, n. 8, p. 141-152, 2004.

BESKOW, S.; MELLO, C.R. DE; COELHO, G.; SILVA, A. M. DA; VIOLA, M. R. Estimativa do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica com base em modelagem dinâmica e distribuída, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.169-178, 2009.

BETIOL, V. M. Sistemas, complexidade, e os sistemas ambientais na prática no Brasil. *Revista Geonorte*, v. 1, n. 4, p. 91-101, 2012.

BIGARELLA, J.J.; HARTKOPF, C.C.; SOBANSKI, A. & TREVISAN, N. 1955. Textura Superficial dos Grãos em Areias e Arenitos. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 10: 253-275.

BIGARELLA, J. J; SUGUIO, K. Ambiente fluvial. Curitiba, Editora Universidade Federal do Paraná e Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1979. 172p.

BIRKINSHAW, S. J; BATHURST, J. C. Model study of the relationship between sediment yield and river basin area. *Earth Surf. Process. Landf.*, 31:750-761, 2006.

BLOTT, S.J.; PYE, K. (2001) GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments.

BONAN, G. B. *Ecological Climatology: Concepts and Applications*. Inglaterra: Ed: Cambridge University Press, 2002, 678p.

BONI, R. L. Histórico da Reserva Biológica. In: MERÇON, L; PEREIRA, O; THOMAZ, L. Últimos Refúgios: Reserva Biológica de Duas Bocas. Série – Áreas Protegidas. Vol. 1. 1ª Edição, Associação Últimos Refúgios. Vitória-ES, 2012.

BONI, R. L; NOVELLI, F. Z.; SILVA, A. G. Um Alerta Para os Riscos de Bioinvasão de Jaqueiras, *Artocarpus heterophyllus* Lam., na Reserva Biológica Paulo Fraga Rodrigues, antiga Reserva Biológica Duas Bocas, no Espírito Santo, Sudeste do Brasil. *Natureza on line*, v. 7, n. 1, p. 51–55, 2009.

BONUMÁ, N.B. *et al.* Balanço hídrico e sua relação com a modelagem da produção de sedimentos em uma pequena bacia hidrográfica rural, IX Encontro de Engenharia de Sedimentos, Anais... Brasília-DF, 2010.

BOSQUILIA, R. W. D, *et al.* Comparação entre modelos de mapeamento automático de drenagens utilizando SIG. In: Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguacu: INPE, 2013. p. 5872-5879.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A.S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A.J.T. Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, cap.6. pg. 153 – 192.

BRACKEN LJ, CROKE J. 2007. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. *Hydrological Processes* 21: 1749–1763.

BRADFORD, J. M.; HUANG, C. Mechanisms of crust formation: physical components. In: SUMNER, M. E.; STEWART, B. A. (Ed.) Soil crusting - chemical and physical processes. Advances in Soil Science, 1992. p. 55-72.

BRANDT, S. A., Classification of Geomorphological effects downstream of dams CATENA, v. 40, Issue 4, 2000. p. 375-401.

CABRAL, J.B.P., L.A. FERNANDES, I. SCOPEL, V.A. BECEGATO, AND A.P. FIORI, 2009. Evaluation of Sedimentation State in Cachoeira Dourada Reservoir (GO/MG), Brazil. Sociedade & Natureza 21:97-119

CAILLEUX, A.; TRICART, J. 1963. Initiation à l'étude des sables et galets. CDU, 5 pi. de la Sorbonne, Paris V, 1 vol., 369 p., 72 fig.

CAMPOS, J. N. B.; VIEIRA NETO, J. F.; MARTINS, E. S. Vulnerabilidade de sistemas hídricos: um estudo de caso. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 2 n.2, p. 21-44, 1997.

CAPPUS, P. Basin experimental d' Alrance: etudes dès lois de l'ecoulement. Application au calcul et a la prevision des debits. La Houille Blanche, v. A, p. 493-514, 1960.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. M. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo – RJ. Árvore, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CARSON, M. A.; M. J. KIRKBY. Hillslope Form and Process. Cambridge University Press, New York, 1972. 476 p.

CARVALHO, M. P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J.; CATANEO, A. Índices de erosividade da chuva correlacionada com as perdas de um Podzólico Vermelho-amarelo eutrófico textura argilosa/muito argilosa de Mococa (SP): Primeira aproximação do fator erodibilidade dos solos. Revista Brasileira Ciência do Solo, v.13 p.237-242, 1989.

CARVALHO, N. O; FILIZOLA Jr., SANTOS, P. M. C; LIMA, J. E. F. W. - Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios Brasília : ANEEL, 185p. 2000.

CARVALHO,R.G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.36. Volume Especial, p. 26-43, 2014.

CARVALHO, N. de O. Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 599 p.

CASTRO, L. G.; COGO, N. P.; VOLK, L. B. S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.339-352, 2006.

CETRANGOLO, C. Variação Temporal e Espacial da Comunidade Ficoperifítica em um Reservatório de Abastecimento Doméstico no Estado do Espírito Santo (Reservatório Duas Bocas, Cariacica). 77f. Monografia (Bacharelado) - UFES, Vitória, 2004.

CHELLA, M. R.; FERNANDES, C. V.S.; FERMIANO, G. A.; FILL, H. D.; SANTOS, I. Avaliação do transporte de sedimentos no rio Barigüi. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10 n.3, p. 105-111, 2005.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. USGS, Professional paper 500 B, 1962. (tradução em Notícia Geomorfológica, v. 22, n. 23, 1971. p. 3-22)

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. Physical geography: a systems approach. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas do Planalto de Poços de Caldas. 1970. 215p. Tese (Livre Docência). Faculdade de Filosofia, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 1970.

\_\_\_\_\_. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª edição. 1980. 149p

\_\_\_\_\_. Condicionantes geomorfológicos e hidrológicos aos programas de desenvolvimento. In: Análise ambiental: uma visão multidisciplinar. (Tauk, S.,org.), 104-106, São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

\_\_\_\_\_. Análise de Sistemas em Geografia. São Paulo: Hucitec-Edusp, 1979. 106p.

\_\_\_\_\_. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Büchler, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A.; TAVARES, A. C. Análise de vertentes: caracterização e correlação de atributos do sistema. Notícia Geomorfológica, Campinas, v. 17, n. 34, p. 65-83, dez. 1977.

COCKELL, Charles (org.). Sistema terra-vida, introdução. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

COELHO, A. L. N. Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens. Caminhos de geografia. v. 9, n. 26. 2008. p. 16 – 32.

\_\_\_\_\_. 2007. Aplicações de Geoprocessamento em Bacias de Médio e Grande Porte. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE, p. 2437-2445.

\_\_\_\_\_. Modelagem hidrológica da bacia do Rio Doce (MG/ES) com base em imagens SRTM. Caminhos de Geografia – Revista On line, v. 8, n. 22, p116-131, 2007.

COLLARES, E.G. Avaliação de alterações em redes de drenagem de sub-bacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari-SP. 2000. 211p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

CORREA, C. M. C.; ROLOFF, G.; SILVA, I. C.. Erosão real e estimada através da RUSLE em estradas florestais, em duas condições de solo e relevo e quatro perfis de solo. Scientia Forestalis, Piracicaba, n.76, p. 57-66, dez. 2007.

COSTA, C. F. G.; FIGUEIREDO, R. O.; OLIVEIRA, F. A.; SANTOS, I. P. O. Escoamento superficial em Latossolo Amarelo distrófico típico sob diferentes agroecossistemas no nordeste paraense. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, p.162-169, 2013.

COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA5, G. O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo, ES. Irriga, v. 16, n. 4, p. 369-381, 2011.

CRISPIM, D. L. *et al.* Transporte e caracterização de sedimentos de fundo no rio piranhas em uma seção de controle próximo à sede do município de pombal-Pb. HOLOS, [S.l.], v. 3, p. 93-101, jul. 2015.

CRUTZEN, P.J. Geology of Mankind: The Anthropocene. Nature, v. 415, p. 23, 2002.

CULLING, W. E. H., 1957, Multicyclic streams and the equilibrium theory of grade: Jour. Geology, v. 65, p. 259-274.

CUPERTINO, W.; SANTOS, J. R. U.; MARCHIORO, E. Análise da distribuição granulométrica do reservatório da reserva biológica de Duas Bocas – Cariacica (ES). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE HIDROSSEDIMENTOLOGIA, 1., 2015, Porto Alegre - Rs. Anais... Porto Alegre - RS: UFRGS, 2015. v. 1, p. 56 - 60.

DAVIS W. M. O Ciclo Geográfico. São Paulo: Seleção de Textos: Davis; Martone. AGB 19. p:9-27, 1899.

DELAZARI, A.; BARROSO, G. F. Variáveis Físico-Químicas do Reservatório da Reserva Biológica de Duas Bocas: Estudo Preliminar. Cadernos de Pesquisa da UFES, n. 8, p. 81- 92, 1998.

DELAZARI, A. Comunidade Fitoplanctônica do Reservatório Duas Bocas – ES: Variação Vertical e Temporal em Duas Épocas Distintas. 201f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

DELAZARI-BARROSO, A. Fatores controladores do desenvolvimento do fitoplâncton em um reservatório de abastecimento público no Espírito Santo, com ênfase em cianobactérias. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007, 94p.

DELAZARI-BARROSO, A; BARROSO, G. F; HUSZAR, V. L. M; AZEVEDO, S. M. F. O. Physical Regimes and Nutrient Limitation Affecting Phytoplankton Growth in a Meso-Eutrophic Water Supply Reservoir in Southeastern Brazil. Lakes & Reservoirs: Research and Management. V. 14, 2009 p. 269–278.

DEMARCHI, J. C. Geotecnologias Aplicadas à Estimativa de Perdas de Solo por Erosão Hídrica na Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas, Município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP. Dissertação. Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Botucatu – SP, 2012

DULEY, F. L. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. Soil Science Societed of American Journal, v.4, p.60-64, 1939.

DUNNE, T.; BLACK, R. D. Partial area contributions to storm runoff in a small New England watershed. Water Resources Research, v. 6, p. 1296-1311, 1970a.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L.B. (1978) Water in Environmental Planning. United States of America, 1978.818 p.

EAKIN,H.M. Silting of reservoirs, revised by Brow.C.B. Dept Agricultura, Tech Bulletin (524). 90- 167p. 1939.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p

EMERY, W.; THOMSON, R. 1997. Data Analysis in Physical Oceanography. Pergamon Press, New York, 634p.

ESRI – Environmental Systems Research Institute, Inc., 2012, User Manual – Help Online, version 10.1. Disponível em: <http://www.esri.com> Acesso em: 20 de maio de 2015.

FAUSTINO, A.B.; SILVA, S.M.P. Caracterização geomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Doce (RN), utilizando dados TOPODATA e recursos de geoprocessamento. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Anais..., João Pessoa, PB, pp. 7493-7500, 2015.

FERNANDES, V.O.; DIAS J, C.; SOUZA, B. D.A.; OLIVEIRA, E. C. M. A.; SILVA, J.P.A.; PEREIRA, T.A.; KALE, E.; GORZA, N.; CERESINO, A.; OLIVEIRA, A.R. Potencial de florações de cianobactérias em um reservatório de abastecimento doméstico no estado do Espírito Santo (reservatório Duas Bocas-Cariacica-ES). Relatório apresentado à Funasa. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2005.

D. C. FLANAGAN; M. A. NEARING; L. D. NORTON. Soil erosion by water prediction technology developments in the United States. USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, IN 47907-1196, USA.

FLORENZANO, T.G. (org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 320p.

FONSECA, B.M. O Uso do Sistema de Informações Geográficas na Análise Morfométrica e Morfológica de Bacias de Drenagem na Serra do Espinhaço Meridional – MG. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

FREITAS, R.O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. Boletim Paulista de Geografia. São Paulo, v. 11, p.53-57, 1952.

FREITAS, L. F, *et al.* Relacionamento entre a mudança da rede de drenagem devido à construção de estruturas urbanas e o surgimento de voçorocas e ravinas no bairro do Jardim Botânico no Distrito Federal. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 13, n. 4, p. 419-433, 2012. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/294/309>>. Acesso em: 27 maio 2016.



FRYIRS, K. A; BRIERLEY, G; PRESTON, J. N.; KASAI, M. Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. *Catena*, v. 70, p. 49-67, 2007a.

FRYIRS, K. A. *et al.* Catchment-scale (dis)connectivity in sediment flux in the upper Hunter catchment, New South Wales, Australia. *Geomorphology*, v. 89, p. 297-316, 2007.

GILBERT, G. K. The Geology of the Henri Mountains. Washington: United States Geographical and Geological Survey. 1877.

GIMENEZ,A.F; CARLSTRON FILHO, C; CARNEIRO, C.D.R; STEIN,D.P; PRADINI,L.F; MELO,M.S; FULFARO,V.J; PONÇANO,W.L. Metodologia de estudo de assoreamento de reservatórios (I) Reservatório de Capivari (PR). In: CBGE, 3, Itapema (SC). Anais – São Paulo. ABGE. 205-224p. 1981.

GOUDIE, A. (1995). The Changing Earth –Rates of Geomorphological Processes. Blackwell Publishers, Oxford, Inglaterra, 320p.

GRANELL-PÉREZ, M.C.D. Trabalhando geografia com as cartas topográficas. Ijuí/RS: Editora Unijuí, 2001.

GRANT, G. E; SCHMIDT, J. C; LEWIS, S. L. A geological framework for interpreting downstream effects of dams on rivers. 2003. Pages 203–219 in O'Connor JE, Grant, G .E, eds. A peculiar river: geology, geomorphology, and hydrology of the Deschutes River, Oregon. American Geophysical Union Press.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.p.93-148.

\_\_\_\_\_. Degradação ambiental. In: Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil,p 455., 1995.

\_\_\_\_\_. – Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil 1996

GUERRA, A.J.T. O início do processo erosivo in Erosão e conservação dos solos, p. 17-55. R. Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. Novo dicionário geológico-geomorfológico. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 652p.

GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (Org.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 339p.

GUERRA, A. J. T; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: VITTE, A. C; GUERRA, A. J.T. (Org.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Ed. 7ª Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. Cap. 8. 282p.

HACK, J. T., 1960, Interpretation of erosional topography in humid temperate regions: Am. Jour. Sci., v. 258-A, p. 80-97.

HACK, J. T., and GOODLETT, J. C., 1960, Geomorphology and forest ecology of a mountain region in the central Appalachians: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 347, 66 p.

HEWLETT, J.D.; HIBBERT, A.R. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. International Symposium of forest Hydrology. Oxford: Pergamon Press, 1967. P. 275-290.

\_\_\_\_\_. Moisture and energy conditions within a sloping soil mass during drainage. J. Geophys. Res., 68, 4, 1963. p.1081-1087.

HORTON, R.E., 1932. Drainage Basin Characteristics. Trans. American Geophysical Union, 13: 350-361.

\_\_\_\_\_. The role of infiltration in the hydrologic cycle. Trans. Am. Geophys. Un., 14, p.446-460, 1933.

\_\_\_\_\_. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. Geol Soc. Am. Bull., v.56, n.3, p.275-370, 1945.

HOWARD A.D. (1965) – Geomorphological systems – equilibrium and dynamics. American Journal of Science 263, 302-312.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES - IJSN. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espírito. 19 f. Nota técnica 28 Vitória, ES, 2012.

KINNEL, P. I. A. Splash erosion of primary particles and aggregates. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 40, n. 6, p. 966-968, Nov./Dec. 1976.

KING, L.C. Canons of landscape evolution. Geol. Soc. Am. Bull., vol. 64, p. 721-752, 1953.

KIRKBY, M.J. Infiltration, throughflow and overland flow. In: CHORLEY R.J. Water, Earth and Man. Methuen, London, 1969. p.215-227.

\_\_\_\_\_. The problem. In: Kirkby, M. J. e Morgan, R. P. C. Soil Erosion. 1-16, Brisbane: John Wiley e Sons, 1980.

KONDOLF, G.M., GAO, Y.X., ANNANDALE, G.W., MORRIS, G.L., JIANG, E.H., ZHANG, J.H., CAO, Y.T., CARLING, P., FU, K.D., GUO, Q.C., HOTCHKISS, R., PETEUIL, C., SUMI, T., WANG, H.W., WANG, Z.M., WEI, Z.L., WU, B.S., WU, C.P., YANG, C.T., 2014. Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: experiences from five continents. *Earth's Futur.* 2, 256–280.

KRUMBEIN, W.C., Size preference distribution of sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, USA, v. 4, 1934.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. *Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.

LANDIM, P.M.B. 2000. Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas. 20 p. Rio Claro: UNESP.

LAVARINI, C., JÚNIOR, A. P. M. Análise Morfométrica de Bacias de Cabeceira como Ferramenta de Investigação Geomorfológica em Média e Larga-Escala Espacial. *União da Geomorfologia Brasileira (UGB)*. 2013.

LAVARINI, C. Interações Geomorfológicas entre Bacias de Cabeceira e Vales Fluviais Principais: Abordagem Multiescalar na Bacia do Ribeirão Mata Porcos, Quadrilátero Ferrífero-MG. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências, 2014.

LELI, I.T., STEVAUX, J.C. and NÓBREGA, M.T., 2010. Dinâmica espacial da hidrologia da bacia do rio Ivaí. *Boletim de Geografia*, vol. 28, no. 2, pp. 41-47.

LEPSCH, I. F. 19 Lições de Pedologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.

LIMA, W.P. Princípios de manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.

LIMA, A. L.; SOARES, J. J. Aspectos Florísticos e Ecológicos de Palmeiras (Arecaceae) da Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, Espírito Santo. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, v. 16, p. 5–20, 2003.

LIMA, R.M.F.; LUZ, J.A.M. da. Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: Lei de Stokes. *Rev. Esc. Minas*, Ouro Preto, v. 54, n. 2, Junho 2001.

LIMA, H.M. Introdução à Modelação Ambiental: Erosão Hídrica. Fun-chal (Portugal), 2010.

LIMA, G. C.; MARX L. N. S; CURI, N.; SILVA, M.A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.. Evaluation of vegetation cover using the normalized difference vegetation index (NDVI).. Revista Ambiente & Água, v. 8, p. 204-214, 2013.

LIRA, S. A.; CHAVES NETO, A. Coeficientes de correlação para variáveis ordinais e dicotômicas derivados do coeficiente linear de Pearson. RECIE, Uberlândia, v.15, n.1/46 2, p.45-53, jan.-dez. 2006.

LOBERA, G., BATALLA, R. J., VERICAT, D., LÓPEZ-TARAZÓN, J. A., & TENA, A. (2016). Sediment transport in two mediterranean regulated rivers. Science of the Total Environment, 540, 101-113.

LOPES. Estudo do assoreamento do reservatório de Americana. Dissertação de Mestrado em Geociências. Universidade Estadual Paulista-UNESP-RC. 85p. 1993.

LOPES, W.P. (2010). Impactos na Produção de Energia nas Usinas Hidroelétricas do Rio Tietê em Decorência do Transporte Hidroviário. Dissertação de Mestrado. FEC/Unicamp.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M. de; TEIXEIRA, A. dos S.; CAITANO, R. F.; CHAVES, L. C. G. Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro. Revista Agro@mbiente On-line, Boa Vista, v. 5, n. 2, p. 88-96, 2011.

LOPEZ, J. F. B. Interceptação De Águas Pluviais Em Um Fragmento De Mata Atlântica Da Reserva Biológica De Duas Bocas, Cariacica (ES) Brasil. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo (2016).

MARCHIORO, E. Avaliação de sólidos transportados, parâmetros de morfometria e solos de seções fluviais do córrego Naiá-Assú, na Reserva Biológica de Duas Bocas - ES. 1996. Monografia (Bacharelado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1996.

\_\_\_\_\_. A incidência de Frentes Frias no Município de Vitória (ES). Acta Geográfica, v. 7, p. 49- 60, 2012.

MARCHIORO, E.; BARROSO, G. F. Avaliação de sólidos transportados, parâmetros da morfometria e solos de seções fluviais do córrego Naiá-Assú (Reserva Biológica de Duas Bocas/ES. Caderno de Pesquisa (PPGE/UFES), Espírito Santo, v. 01, n.01, p. 185-195, 1996.

MCCLUNEY, K. E; POFF, N.L. PALMER, M. A, *et al.* 2014. Riverine macrosystems ecology: sensitivity, resistance, and resilience of whole river basins with human alterations. *Front Ecol Environ* 12: 48–58.

MEDEIROS, P. H. A. Processos hidrossedimentológicos e conectividade em bacia semiárida: modelagem distribuída e validação em diferentes escalas. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

MEDEIROS, P.H.A., VIEIRA, V.P.P.B. (2006) Importância da abordagem dos processos hidrossedimentológicos na gestão de recursos hídricos no semi-árido brasileiro. VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, ABRH, Gravatá, PE.

MENDIONDO, E. M.; TUCCI, C. E. M.. Escalas Hidrológicas II: Diversidade de processos na bacia vertente. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, ABRH, v. 2, n. 1, p. 59-122, 1997.

MELLO, N. A. de. Relação entre a fração mineral do solo e qualidade de sedimento o solo como fonte de sedimentos (p. 38-82). In: *Qualidade dos sedimentos*. POLETO, C. e MERTEN, G. H. (org.). Porto Alegre: ABRH, 2006, 397p.

MEYER, L. D. 1971. Soil Erosion by Water on Upland Áreas. In: SHEN, H. W. Ed. *Rivers Mechanics*. Fort Collins. V.2 , chap 27.

MILLER, V.C. 1953. A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area, Technical Report, Dept. Geology, Columbia University.

MINELLA, J. P. G; MERTEN, G. H ; RUHOFF, A. L. Utilização de métodos de representação espacial para cálculo do fator topográfico na equação universal de perda de solo revisada em bacias hidrográficas. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*.2010, vol.34, n.4

MINELLA, J. P. G; MERTEN, G.H. Monitoramento de bacias hidrográficas para identificar fontes de sedimentos em suspensão. *Ci. Rural*, 41:424-432, 2011.

MOLINAS, P. A. A gestão dos recursos hídricos no semi-árido nordestino: a experiência cearense. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 1, p. 67-88, 1996.

MORAES, J. M. et. al. (2003). Propriedades físicas dos solos na parametrização de um modelo hidrológico. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v.8, n.1, p.61-70.

MOREIRA, M.C.A. Avaliação da influência da barragem de Barra Bonita-SP na morfodinâmica do rio Tietê e seus impactos à navegação. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, SP: [s.n.], 2012.

MORELATO, S. L. Variação da Concentração de Matéria Orgânica, Fósforo e Nitrogênio Total no Sedimento em Função da Zonagem Longitudinal da Represa de Duas Bocas (Cariacica, ES). 49f. Monografia (Bacharelado) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2003.

MORGAN, R.P.C. 1996. Soil erosion and conservation. 2a Ed., England: Ed. Longman, 198p.

MORGAN, R. P. C., QUINTON, J. N., SMITH, R. E., GOVERS, G., POESEN, J. W. A., AUERSWALD, K., CHISCI, G., TORRI, D. AND STYCZEN, M. E. 1998: The European soil erosion model (EUROSEM): a process-based approach for predicting soil loss from fields and small catchments. *Earth Surface Processes and Landforms* 23, 527-544.

MU, X.M.; ZHANG, X.Q.; SHAO, H.B.; GAO, P.; WANG, F.; JIAO, J.Y.; ZHU, J.L.; 2012. Dynamic changes of sediment discharge and the influencing factors in the Yellow River, China, for the recent 90 years. *Clean Soil Air Water* 40 (3), 303–309.

NAKAGAWA, H.; TSUJIMOTO, T.; MURAKAMI, S.; GOTOH, H. Transition mechanism for saltation to suspension in bed-material-load transport. *J. Hydropower and Hydraulic Engineering*, 1990, Vol.8(1), pp.41-54

NETO, R. M. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. *Revista Geografia, Londrina* - v. 17, n. 2, p. 67-87, 2008.

NOVELLI, F. Z. 2010. A Reserva Biológica de Duas Bocas e seus vínculos com a história da conservação no Espírito Santo. *Natureza on Line* 8(2):57-59. Disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br/natureza/busca/resultado.asp>. Acesso em 28/05/2016.

NUNES, F. C. Inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas - Cariacica- ES. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Espírito Santo.

O'CALLAGHAN, J. F., MARK, D. M. The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer Vision, Graphics and Image Processing* v. 28, p. 323-344. 1984.

OLIVEIRA, J.A.; LANNA, A.E.L. Otimização de um sistema de múltiplos reservatórios atendendo a múltiplos usos no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 2 n.2, p. 123-141, 1997.

OLIVEIRA, M.A.T. (2010). Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. In: *Erosão e Conservação dos Solos - Conceitos, Temas e Aplicações*. Orgs. A.J.T. Guerra, A.S. Silva e R.G.M. Botelho. Editora Bertrand Brasil, 5ª edição, Rio de Janeiro, 58-99.

OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES SOBRINHO, T; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.819–825, 2010.

OLIVEIRA, F. G.; SERAPHIM, O. J.; BORJA, M. E. L. Estimativa de Perdas de Solo e do Potencial 489 Natural de Erosão da Bacia de Contribuição da Microcentral Hidrelétrica do Lageado, Botucatu-SP. 490 *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 30, p.302-309, 2015.

PAIVA, E. M. C. D. Métodos de estimativa da produção de sedimentos em pequenas bacias hidrográficas. In: *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Porto Alegre: ABRH, 2003.

PALMIERI, F; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Antonio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha (Organizadores). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

PARANHOS R. M.; PAIVA J. B. D. Avaliação de metodologia de estimativa de produção de sedimentos em uma pequena bacia rural de encosta. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.13, p.7-18, 2008.

PARSONS, A.J. (1988). *Hillslope Form*. Routledge, New York, Estados Unidos, 212p.

PERRONE, A. Estudos Preliminares sobre a Carga de Sólidos Transportados, Parâmetros Morfométricos e Pluviométricos da Bacia do Córrego Pau Amarelo – Reserva Biológica de Duas Bocas – ES. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1995.

PETTS, G. E.; GURNELL, A. M. Dams and geomorphology: research progress and future directions *GEOMORPHOLOGY*, v 71, 2005. p. 27–47.

PLANAVE S.A, E. E P. DE E.; ESPIRITO SANTO. Plano de Manejo da Reserva Biológica de Duas Bocas Estado do Espírito Santo. Cariacica, ES.1996: [s.n.].

POESEN, J. (1984). The influence of slope angle on infiltration rate and Hortonian overland flow volume. *Z. Geomorph. N.F.*, 49, 117-131.

POLITANO, W.; PISSARRA, T.C.T. Relações entre características morfométricas quantitativas e estimativa da vazão em função da área em microbacias hidrográficas de 2ª ordem de magnitude. *Engenharia Agrícola*, v. 23, n. 1, p. 179-186, 2003.

POLITANO, W.; PISSARRA, T.C.T.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego rico, Jaboticabal (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 297-305, 2004.

POWERS, M.C., 1953, A new roundness scale for sedimentary particles: *Journal of Sedimentary Petrology*, 23:117-119.

PRUSKI, F.F. Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2. Ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 279 p.

RABELO, C. G.; FERREIRA, M. E.; ARAÚJO, J. V. G.; STONE, L. F.; SILVA, S. C.; GOMES, M. P. Influência do uso do solo na qualidade da água no bioma Cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no estado de Goiás, Brasil. *Revista Ambiente & Água: Na interdisciplinarity. Journal of Applied Science*, v.4, p.172-187, 2009.

RADAMBRASIL. Projeto Radam Brasil .V 32. Rio de Janeiro, 1983.

RAGAN, R.M. An experimental investigation of partial area contributions. In: *Hydrological Aspects of the Utilization of Water, Reports and Discussions (Proc. IAHS Assembly at Bern)*, 1968. p.241-251. IAHS Publ. 76.

RAMOS, V.M.; et.al. Avaliação de Metodologias de Determinação do Cálculo de Áreas de Contribuição, *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Uberlândia, Ano 4, n.2, p.41-49, Set. 2003.

REID, I. *et al.* Sediment Erosion, Transport and Deposition. In: THORNE, C. R.; HEY, R. D.; NEWSON, M. D. *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*. New York: John Wiley & Sons, 1997. p. 95 – 135.

RODRIGUES, M. F. Monitoramento e modelagem dos processos hidrossedimentológicos em bacias hidrográficas florestais no Sul do Brasil. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 202 pg.



RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V; CAVALCANTI, A. P. B. Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Edições UFC, 2004.

SAMPAIO, T. V. M. Parâmetros morfométricos para melhoria da acurácia do mapeamento da rede de drenagem: uma proposta baseada na análise da bacia hidrográfica do rio Benevente-ES. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SAMPAIO T. V. M.; AUGUSTIN C. H. R. R. Índice de Concentração da Rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a Cartografia Geomorfológica. In: Revista Brasileira de Geomorfologia. V. 15, nº 1 (2014). pg 47-60.

SANTOS, C. A. G. *et al.* Influência do tipo da cobertura vegetal sobre a erosão no semi-árido paraibano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n. 1, p. 92-96, 2000.

SANTOS, R. F. dos. Planejamento ambiental: teoria e Prática. São Paulo Oficina textos, 2004.

SANTOS, I. Monitoramento e modelagem de processos hidrogeomorfológicos: Mecanismos de geração de escoamento e conectividade hidrológica. Florianópolis: UFSC/ CFH/GCN, 2009. 167f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.

SANTOS, J. R. U; CUPERTINO, W; MARCHIORO, E. Análise da Vulnerabilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas (ES). In: I Congresso Internacional de Hidrossedimentologia, 2015. Anais. UFRGS. v. 1.

SANTOS, J. R. U. dos. Evolução da Vulnerabilidade a erosão dos solos da bacia hidrográfica do Rio Duas Bocas (ES). 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo.

SANTOS, S. B. dos. Impactos econômicos, sociais e ambientais da barragem Taquara à luz das dimensões do desenvolvimento sustentável. 2012. 134 f. Dissertação (mestrado) – Universidade de Fortaleza.

SCHNEIDER, R. M. *et al.* assessment of turbidity as a quick tool to quantify the sediment transport. Nativa, v. 2, n. 1, p. 32-36, 2014.

SCHULTZ, G. B.; SIEFERT, C. A. C.; SANTOS I. D. Avaliação do ARCMUSLE para estimativa da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do alto rio negro, região sul brasileira. Boletim de Geografia, v.31, p.131-141, 2013.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. Geological Society of America Bulletin, n. 67, p. 597-646, 1956.

\_\_\_\_\_. (1976) - Episodic erosion: a modification of the geomorphic cycle. In W. N. Melhorn and R. C. Flemal (editors), Theories of Landform Development, Publications in Geomorphology, State Univ. of New York, Binghamton, pp. 69-85.

\_\_\_\_\_. The fluvial system. New York: John Wiley & Sons, 1977. 338p.

SELBY, M.J. (1993). Hillslope Materials and Processes. Oxford University Press, Oxford, Inglaterra, 2ª edição, 451p.

SESTREM, L. P. Concepção e implantação de um plano de instrumentação para avaliação das condicionantes geotécnicas de uma encosta litorânea. Dissertação (mestrado). PPGECC. UFPR. 2012.

SHEPARD, F.P. (1967). Submarine Geology. Nova York: Harper & Row (2ª ed.).

SIDIRAS, N.; ROTH, C. H.; FARIAS, G. S. Efeito da intensidade de chuva na desagregação por impacto de gotas em três sistemas de preparo do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 8, n. 3, p-251-254, set./dez. 1984.

SIDLE, R.C., ONDA, Y. Hydrogeomorphology: Overview of an Emerging Science. Hydrological Process, 18, 2004. p. 597–602.

SIEFERT, C. A. C., SANTOS, I. Áreas Hidrologicamente Sensíveis: teoria e aplicação para a bacia do Rio Barigui, PR. Revista Ambiente & Água, v. 5, nº 2, 2010.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MARQUES, J. J. G. S. M.; LIMA, L. A.; FERREIRA, M. M.; LIMA, J. M. Resistência ao salpico provocado por impacto de gotas de chuva simulada em Latossolos e sua relação com características químicas e mineralógicas. Ciência e Prática, Lavras, v. 19, n. 2, p. 176-182, abr./jun. 1995.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas. São Carlos: RiMa, 2003. 140 p.

SILVA, A. M., Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas, 2003.

SKALAK KJ, BENTHEM AJ, SCHENK ER, HUPP CR, GALLOWAY JM, NUSTAD RA, WICHE GJ. 2013. Large dams and alluvial rivers in the Anthropocene: the impacts of the Garrison and Oahe Dams on the Upper Missouri River. Anthropocene 2: 51–64.

SOUZA, L. F. e SAMPAIO, T. V. M. Aplicação do Índice de Concentração da Rugosidade à identificação de classes de dissecação do relevo: uma proposta de quantificação e automatização em ambiente SIG. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010.

SOUZA, J. O. P. Sistema fluvial e açudagem no semi-árido, relação entre a conectividade da paisagem e dinâmica da precipitação, na bacia de drenagem do riacho do saco, Serra Talhada, Pernambuco. (Dissertação de mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia: UFPE, Recife, 2011.

SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B. Conectividade e área de captação efetiva de um sistema fluvial semiárido: bacia do riacho Mulungu, Belém de São Francisco-PE. Sociedade e Natureza, v. 24, n. 2, p. 379-332, 2012 a.

STOKES, G.G On the effect of the internal friction of fluids on the motion of pendulum. Trans Cambridge Philos. Soc. 9. Parte 2, 8-106p. 1851.

STRAHLER, A. N., 1950, Equilibrium theory of erosional slopes, approached by frequency distribution analysis: Am. Jour. Sci., v. 248, p. 673-696, 800-814.

\_\_\_\_\_. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. Geological Society of America Bulletin, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

\_\_\_\_\_. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Geophysical Union Trans., v.38, p.912-920, 1957.

\_\_\_\_\_. Physical Geography. Nova Iorque: Willey & Sons, 534p., 1960.

\_\_\_\_\_. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow, V. T. (Ed.). Handbook of applied Hidrology. New York, McGraw-Hil, p. 39-76.

SUGUIO, K., 1973. Introdução à sedimentologia. São Paulo. Ed. Edgard Blucher. EDUSP, 317.

Surfer™ 14. Disponível em: <<http://www.goldensoftware.com/products/surfer>>.

SYVITSKI, J.P.M., VOROSMARTY, C.J., KETTNER, A.J., GREEN, P., 2005. Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. Science 308 (5720), 376–380.

TARBOTON, D. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water Resources Research*, v.33, n.2, p. 309-319, (1997).

\_\_\_\_\_. TAUDem: Terrain Analysis Using Digital Elevation Models. ArcGIS Extension. Versão 5.1. Utah State University. 2010. On-line. Disponível em: <<http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5.0/index.html>>. Acesso em: 05 Jun. 2016.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara*, n. 20, p. 137-156, 2007.

TOLENTINO, M.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A.B. Estudo morfométrico das bacias hidrográficas do Planalto de São Carlos - SP. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 30, n. 4, p. 42-50, 1968.

TONELLO, K.C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 69 f ,2005.

TONELLO, K.C ; DIAS, H .C .T ; SOUZA, A . L. R; CARLOS, A. A. S; LEITE, F. P. (2006). Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. *Revista Árvore*, 30(5). 2006. vol.30, n.5.

TORRES, J. L. R.; SILVA, T. R.; OLIVEIRA, F. G.; ARAÚJO, G. S.; FABIAN, A. J. Diagnóstico socioeconômico, ambiental e avaliação das características morfométricas da microbacia do Córrego Alegria em Uberaba – MG. *Sociedade & Natureza*, v.19, p.89-102, 2007.

TORRES, J. L. R.; FABIAN, A. J.; SILVA, A. L.; PESSOA, E. J.; SILVA, E. C.; RESENDE, E. F. Diagnostico ambiental e análise morfométrica da microbacia do córrego Lanhoso em Uberaba, MG. *Revista Caminhos de Geografia*, v.9, p.1-11, 2008.

TSUKAMOTO, Y. Storm discharge from a experimental watershed. *Journal of the Japanese Forest Society*, v. 45, p. 186-190, 1963.

TUNDISI, J. G. *et al.* Limnologia e Manejo de Represas. Série Monografias em Limnologia.. EESC-CRHEA – São Paulo Academia Brasileira de Ciências vol. 1 tomo 1, 506pp. Tomo 2, 440 pp. 1988.

VALERIANO, M. M. Topodata: Guia para Utilização de Dados Geomorfológicos Locais. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-15318-RPE/818). 72p, 2008.

VANONI, V.A. Sedimentation Engineering. ASCE, American Society of Civil Engineers. New York, NY. 743p. 1977.

VESTENA, L.R.; LUCINI, H.; KOBIYAMA, M. Monitoramento automático da concentração de sedimentos em suspensão na Bacia Hidrográfica do Caeté, Alfredo Wagner/ SC. In: I Workshop Regional de Geografia e Mudanças Ambientais, Guarapuava., p. 61- 70, 2007.

VESTENA, L.R. Análise da dinâmica hidrossedimentológica em uma bacia hidrográfica no sul do Brasil. Sociedade & Natureza, v.21, n.3, p.413-24, 2009.

VILLELA, S. M; MATTOS, A. 1975, Hidrologia Aplicada,. Editora Mc Graw Hill, São Paulo 245 p.

VOLKER, A., Henry, J.C. (Eds), 1988. Side Effects Of Water Resources Management. Iahs Publ. Vol. 172, VI , 269 p.

WALTER, M. T. *et al.* (2003). Simple estimation of prevalence of Hortonian flow in New York City watersheds. Journal of Hydrologic Engineering, v.8, n.4 (1), p.214-218.

WENTWORTH,C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology.30: 377-392p. 1922.

WISCHMEIER, W.H. AND SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. USDA Agricultural Handbook No. 537.

WOHL, E. E; CENDERELLI, D. A. 2000. Sediment deposition and transport patterns following a reservoir sediment release. Water Resources Research 36: 319–333.

WOOLHISER, D.A., SMITH, R.E. AND GOODRICH, D.C. 1990. KINEROS: A kinematic runoff and erosion model: documentation and user manual. USDA Agricultural Research Service ARS-77.

YUE, X.L.,MU, X.M., ZHAO, G.J., SHAO, H.B., GAO, P., 2014. Dynamic changes of sediment load in the middle reaches of the Yellow River basin, China and implications for ecorestoration. Ecol. Eng. 73, 64–72.

ZACHARIAS, A. A. A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental: um estudo de caso no município de Ourinhos – SP. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, 2006.

ZHAO, G.J., MU, X.M., WEN, Z.M., WANG, F., GAO, P., 2013b. Soil erosion, conservation, and eco-environment changes in the Loess Plateau of China. *Land Degrad. Dev.* 24 (5), 499–510

ZHAO, G.J., TIAN, P., MU, X.M., JIAO, J.Y., WANG, F., GAO, P., 2014. Quantifying the impact of climate variability and human activities on streamflow in the middle reaches of the Yellow River basin, China. *J. Hydrol.* 519, 387–398.